

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

Rec'd PCT/PTO 25 FEB 2005



10/525908

(10) 国際公開番号

(43) 国際公開日
2004 年 3 月 11 日 (11.03.2004)

PCT

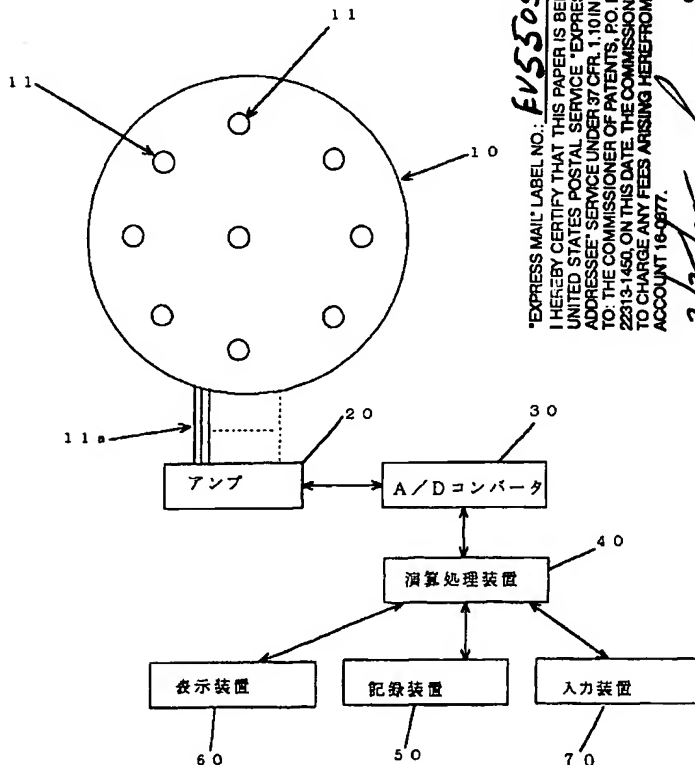
WO 2004/021031 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G01S 3/80, H04R 3/00 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日東紡音響エンジニアリング株式会社 (NITTOBO ACOUSTIC ENGINEERING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒130-0021 東京都墨田区 緑 1 丁目 1 3 番 1 2 号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/010851
- (22) 国際出願日: 2003 年 8 月 27 日 (27.08.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-293025 2002 年 8 月 30 日 (30.08.2002) JP
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中島 弘史 (NAKAJIMA, Hirofumi) [JP/JP]; 〒130-0021 東京都墨田区 緑 1 丁目 1 3 番 1 2 号 日東紡音響エンジニアリング株式会社内 Tokyo (JP). 大橋 心耳 (OHASHI, Shinji) [JP/JP]; 〒130-0021 東京都墨田区 緑 1 丁目 1 3 番 1 2 号 日東紡音響エンジニアリング株式会社内 Tokyo (JP). 鶴 秀生 (TSURU, Hideo)

[続葉有]

(54) Title: SOUND SOURCE SEARCH SYSTEM

(54) 発明の名称: 音源探索システム



20...AMPLIFIER
30...A/D CONVERTER
40...CALCULATION DEVICE

60...DISPLAY DEVICE
50...RECORDING DEVICE
70...INPUT DEVICE

(57) Abstract: It is possible to simultaneously identify the sound coming direction from a sound source in all directions and estimate the sound intensity of the sound source. A plurality of microphones (11) are arranged on the surface of a baffle (10) of a shape such as a sphere and polyhedron so that sound from all directions are acquired. A calculation device (40) calculates the amplitude characteristic and the phase characteristic of acoustic signals acquired by the microphones (11). The signal information and information on sound field analysis around the baffle are integrated and calculation to emphasize a sound coming from a particular direction is performed for all the directions so as to identify the sound coming direction from a sound source. According to these calculation results and the distance input by an input device (70), it is possible to estimate the sound intensity of the sound source at a plurality of portions generated at the sound source or boundary surface.

(57) 要約: 本発明は、全方位に渡る音源からの音の到来方向の特定と、音源の音の強さの推定とを一度に行うことができるようにする。球体もしくは多面体等の形状をしたバッフル10の表面に複数のマイクロホン11を配設して全方位の音を取り込むようにし、演算処理装置40により、複数のマイクロホン11により取り込まれたそれぞれの音響信号の振幅特性と、位相特性とを演算処理によって求めた後、それらの信号情報とバッフル周辺の音場解析情報を統合し、特定方向

からの到来音を強調する演算処理を全方位に渡って行い、音源からの音の到来方向を特定するとともに、これらの演算処理結果と入力装置70によって入力された距離とから音源又は境界面において発生する複数の部位の音源の音の

[続葉有]

BEST AVAILABLE COPY

WO 2004/021031 A1

Rec'd PCT/PTO 25 FEB 2005
10/525908

1

明細書

音源探査システム

5 技術分野

本発明は、騒音等の音源を探査する音源探査システムに係り、特に、球体、半球体又は多面体のバッフルの表面及び/又は表面から離れた位置に複数のマイクロホンを配設し、それぞれのマイクロホンを介して得られる音の電気信号を演算処理し、その音の到来方向及び音源の音の強さの推定を全方位に渡って行う音源探査システムに関する。

背景技術

発電プラントや化学プラント、製造ラインのある工場等では、モータ、ギヤ、ポンプ、ファン、変圧器等の様々な設備や機器から発する騒音が合成されて、敷地境界線や民家付近まで到達する。また、自動車、列車、航空機等の乗り物にあっては、エンジン、ギヤ、ファン等の様々な構成部材から発する騒音が合成されて、それぞれの室内の静粛性が阻害される。また、マンション等の一般住宅にあっては、様々な異音によってそれぞれの室内の静粛性が阻害される。これらの騒音や異音による問題を根本的に解決するためには、音の到来方向や音源の音の強さを的確に把握することが重要である。

そこで、従来では、複数のマイクロホンを広い範囲に渡って設置し、それぞれのマイクロホンを介して得られる音響信号を、テープレコーダ等の收音器により収録し、それぞれの収録した音響信号を演算処理して音源を探査するようにしていた。ところが、このような音源を探査する方法では、広い範囲に複数のマイクロホンを設置する必要があるばかり

か、それぞれのマイクロホンと收音器との配線が必要となるため、設置作業が極めて煩雑なものとなっている。

また、別の音源探査方式としては、たとえば特開平 0 6 - 1 1 3 3 8 7 号公報に示されている音源探査装置がある。これは、パラボラ反射器
5 を音の到来方向に向けて音響信号を収録し、音源を可視化するようにしたものである。しかし、この方式の欠点は想定される音源がパラボラ反射器を向けた方向に限定されることである。つまり、マイクロホンの設置位置や設置角度によって、收音方向が限定されてしまうため、全方位に渡る音源の探査を一度に行うことは到底不可能となってしまう。

10 このような不具合を解消するものとして、たとえば特開 2 0 0 3 - 1 1 1 1 8 3 号公報では、基台に取り付けた回転フレーム上に、第 1 ~ 第 4 のマイクロホンを、検出部が X Y 平面内において原点を中心とする正方形を構成するように配置するとともに、第 5 のマイクロホンをその検出部が第 1 ~ 第 4 のマイクロホンによって構成される正方形の中心の上
15 方に位置させ、かつ、第 1 ~ 第 4 のマイクロホンと第 5 のマイクロホンとの距離が等しくなるように配置し、各マイクロホンの出力信号の到達時間差から音の到来方向を推定するようにした音源探査システムを提案している。

ところが、上述した特開 2 0 0 3 - 1 1 1 1 8 3 号公報では、回転フ
20 レーム上に、第 1 ~ 第 5 のマイクロホンを設置しているため、設置作業が簡素化されるものの、カメラが単独で実装されていることから類推できるように、全方位の音源の探査を行うために回転フレームを回転させて第 1 ~ 第 5 のマイクロホンの向きを変える必要があることから、全方位に渡る音源からの音の到来方向の特定と、音源の音の強さの推定と
25 を一度に行うことは到底不可能である。また、マイクロホン、カメラ等及び、それらに付随するケーブル類が、音が伝播する空間内に裸の状態

で配設されるため、マイクロホンやカメラ及びケーブル自身からの反射音に対しては無防備であり、音源探査結果に重大な影響を及ぼす。

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、狭い空間に限らず、全方位に渡る音源からの音の到来方向の特定と、音源の音の強さの推定とを一度に行うことができる音源探査システムを提供することを目的とする。

発明の開示

請求の範囲第1項に記載の音源探査システムは、球体、半球体又は多面体のバッフルと、バッフルの表面に全方位の音を取り込むために配設された複数のマイクロホンと、複数のマイクロホンを介して得られる全方位の音の電気信号であるアナログ信号を増幅するアンプと、アンプによって増幅されたアナログ信号をデジタル信号に変換するA/Dコンバータと、A/Dコンバータによって変換されたデジタル信号を演算処理し、音源からの音の到来方向の解析及び/又は音源の音の強さの推定を行う演算処理装置と、演算処理装置による演算処理結果を記録する記録装置と、演算処理装置による演算処理結果を基に、音源からの音の強さの分布を表示する表示装置と、音源又は境界面において発生する複数の部位の音源までの距離を入力する入力装置とを備え、演算処理装置は、複数のマイクロホンにより取り込まれたそれぞれの音響信号の振幅特性と、位相特性とを演算処理によって求めた後、それらの信号情報とバッフル周辺の音場解析情報を統合し、特定方向からの到来音を強調する演算処理を全方位に渡って行い、音の到来方向を特定するとともに、これらの演算処理結果と入力装置によって入力された距離とから音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源の音の強さの推定を行うことを特徴とする。

また、バッフルの表面に、音波を発生する単独もしくは複数の指向性又は無指向性の音源素子が配設され、演算処理装置は、複数のマイクロホンによって取り込まれたそれぞれの反射音の振幅特性と、位相特性とを演算処理によって求めた後、それらの信号情報とバッフル周辺の音場解析情報を統合し、特定方向からの到来音を強調する演算処理を全方位に渡って行い、反射音の到来方向を特定するとともに、試験音の発生時から反射音の取込時までの時間差を加味することで、バッフルから音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源までの距離を自動的に計測し、この値を音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源の音の強さ及び/又はその場周辺からの反射音の強さの推定のための情報として利用することができる。

また、バッフルの表面に、単独もしくは複数の受光素子が撮影範囲をオーバーラップさせるように配設され、演算処理装置は、特定した音の到来方向に対応する単独もしくは複数の受光素子の画像を取り込み、その画像もしくはその画像をもとに画像処理を行った結果に演算処理によって求めた音の到来方向及び/又は音の強さ分布の画像を合成して表示させるようにすることができる。

また、バッフルの表面に、単独もしくは複数の光源が配設され、演算処理装置は、光の発生時から反射光の取込時までの時間を加味することで、バッフルから境界面において発生する複数の部位の音源までの距離を自動的に計測し、この値を音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源の音の強さの推定のための情報として利用することができる。

また、演算処理装置は、受光素子の撮影範囲がオーバーラップする部分を画像処理し、音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源までの距離を自動的に計測することができる。

また、バッフルを複数個配設し、演算処理装置は、一方のバッフルから音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源までの距離及び/又は音の到来方向と、他方のバッフルから音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源までの距離及び/又は音の到来方向と、バッフル同士の間的位置関係とを求めた後、これらの情報を基に音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源までの距離を三角測量の原理により求めるようにすることができる。

また、バッフルの表面から離れた場所に、単独もしくは複数のサテライトマイクロホンが配設され、演算処理装置は、複数のサテライトマイクロホンによって取り込まれた音を用いて、音の到来方向及び/又は音源の音の強さを求めるようにすることができる。

また、バッフルは、接地面から所定の高さに保持されるように、長尺部材の頂部に取り付けられているようにすることができる。

本発明に係る音源探査システムにおいては、球体、半球体又は多面体のバッフルの表面に複数のマイクロホンを配設して全方位の音を取り込むようにし、演算処理装置により、複数のマイクロホンにより取り込まれたそれぞれの音響信号の振幅特性と、位相特性とを演算処理によって求めた後、それらの信号情報とバッフル周辺の音場解析情報を統合し、特定方向からの到来音を強調する演算処理を全方位に渡って行い、音源からの音の到来方向を特定するとともに、これらの演算処理結果と入力装置によって入力された距離とから音源又は境界面において発生する複数の部位の音源の音の強さの推定を行うことができる。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の音源探査システムに係る一実施の形態の概要を説明するための図である。

第2図は、第1図の音源探査システムによる音源探査方法を説明するための図である。

第3図は、第1図の音源探査システムによる音源探査方法を説明するための図である。

5 第4図は、第1図の表示装置に表示される音の強さ分布の一例を示す図である。

第5図は、第1図のバッフルに単独もしくは複数の距離計測用音源素子を追加した場合の第2実施形態を示す図である。

10 第6図は、第5図のバッフルに単独もしくは複数の受光素子を追加した場合の第3実施形態を示す図である。

第7図は、第6図の単独もしくは複数の受光素子による動作を説明するための図である。

第8図は、第6図の表示装置にカラーで表示される画像の一例を示す図である。

15 第9図は、第6図の表示装置にカラーで表示される画像の一例を示す図である。

第10図は、第6図のバッフルに単独もしくは複数の光源を追加した場合の第4実施形態を示す図である。

20 第11図は、第6図のバッフルの受光素子により、音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源までの距離を自動的に計測する場合の第5実施形態を説明する図である。

第12図は、第6図のバッフルを一例として2個設けた場合の第6実施形態を示す図である。

25 第13図は、第1図のバッフルに単独もしくは複数のサテライトマイクロホンを設けた場合の第7実施形態を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態について説明する。

(第1実施形態)

第1図は、本発明の音源探査システムに係る一実施の形態の概要を説明するための図、第2図及び第3図は、第1図の音源探査システムによる音源探査方法を説明するための図、第4図は、第1図の表示装置に表示される音の強さ分布の一例を示す図である。

第1図に示す音源探査システムは、バッフル10、マイクロホン11、アンプ20、A/Dコンバータ30、演算処理装置40、記録装置50、表示装置60、入力装置70を備えている。なお、演算処理装置40、記録装置50、表示装置60、入力装置70は、ノートパソコン、デスクトップパソコン等の電子機器によって構成することができる。

バッフル10は球体をなしている。また、バッフル10は、ポール等の長尺部材(図示省略)の頂部に取り付けられており、接地面から所定の高さに保持されるようになっている。

バッフル10の表面には、複数のマイクロホン11が配設されている。マイクロホン11としては、ダイナミックマイクロホンやコンデンサーマイクロホンを用いることができる。

このように、球体のバッフル10に複数のマイクロホン11を配設することで、全方位に対して平等に音を取り込むことができるようになっている。バッフル10の内部には、マイクロホン11のプリアンプ(図示省略)等を内蔵した本体(図示省略)と、この本体に接続されるマイクロホンケーブル11a等が内蔵されている。

ちなみに、第1図に示すバッフル10の半径は、たとえば130mm程度である。また、そのバッフル10に配設されるマイクロホン11の数は本実施形態では17個となっている。ただし、マイクロホン11は、

音源探査を行うべき次元に応じた必要最低限の数であればよく、一次元で音源探査を行う場合は２個、二次元で音源探査を行う場合は３個、三次元で音源探査を行う場合は４個とすることも可能である。本実施形態では、音源探査結果の精度と安定性をさらに向上させるため、１７個の

5 マイクロホンを使用している。

 このように、たとえば球体のバッフル１０の内部に、マイクロホン１１のプリアンプ（図示省略）等を内蔵した本体（図示省略）と、この本体に接続されるマイクロホンケーブル１１a等を内蔵することで、バッフル１０の周囲の音場の乱れを抑制することができ、音源からの音を正

10 確に取り込むことが可能となる。

 また、バッフル１０では、各マイクロホン１１の位置を（ x 、 y 、 z ）の三次元で示す座標が設けられており、演算処理装置４０で音源探査の演算を実施する際に利用される。これにより、取り込まれた音がどのマイクロホン１１からのものであるのかを識別できるようになっている。

15 アンプ２０は、各マイクロホン１１を介して得られる全方位の音の電気信号であるアナログ信号を増幅するものである。アンプ２０には、各マイクロホン１１のマイクロホンケーブル１１aが接続されている。ここで、アンプ２０には、上述した各マイクロホン１１の座標に合わせた差込口が設けられているため、各マイクロホン１１のマイクロホンケー

20 ブル１１aを接続する場合には、それぞれのマイクロホンケーブル１１aを対応する差込口に差し込んで接続する。A/Dコンバータ３０は、アンプ２０によって増幅されたアナログ信号をデジタル信号に変換するものである。

 演算処理装置４０は、A/Dコンバータ３０によって変換されたデジタル信号を演算することにより、それぞれのマイクロホン１１によって

25 取り込まれた音の情報を総合的かつ包括的に演算処理することで、音源

探査を行う。ここで、音源探査とは、音源からの音の到来方向の解析と、音源の音の強さの推定とを行うことである。なお、音源探査の詳細については、後述する。

記録装置 50 は、演算処理装置 40 による演算処理結果を記録する。

- 5 記録装置 50 としては、磁気テープを記録媒体とする磁気テープ記録装置、光ディスクを記録媒体とする光ディスク記録装置等を用いることができる。表示装置 60 は、演算処理装置 40 による演算処理結果を基に、音源からの音の強さ分布等を表示する。入力装置 70 は、音源又は室内の壁等の境界面において発生する複数の部位の音源までの距離を入力する。
- 10 入力装置 70 としては、キーボード、タッチパネル等を用いることができる。ただし、音の到来方向の解析やバッフル設置点への音響的寄与の算出を目的とし、音の強さの推定が主たる目的ではない場合等においては、入力装置 70 は省略することも可能である。

次に、音源探査を行う方法について説明する。

- 15 音源探査は、広い空間であっても、狭い空間であっても、実施可能である。広い空間では、探査すべき音源との間に障害物が入らないようにすることが好ましく、たとえば人が多数集まるような所では全体が見渡せる高所に、又は飛行場のような所では建物等が障害物にならないような位置にバッフル 10 を設置するようにする。一方、室内や車両等の狭い空間では、全体が見渡せる場所にバッフル 10 を設置するようにする。
- 20

- そして、音源からの音の到来方向を解析する場合、第 2 図に示すように、バッフル 10 周辺の直接音・回折音などを含む音場の解析情報を、演算処理装置 40 に取り込んでおく。この状態で、各マイクロホン 11 により、音源からの音を取り込む。ここで、音源からの音を取り込む場合、各マイクロホン 11 を介して得られる音を同時に取り込むようにする。
- 25
- ことが基本である。もしくは、ある特定のマイクロホンを基準として、

上述した座標毎に順に、あるいは複数個のマイクロホンをまとめて、あるいはランダムに基準マイクロホンと同時に音を取り込むようにしてもよい。ただし、全てのマイクロホンを同時に収録しない場合は、音源からの音が時間によって変動しないことが条件となる。

- 5 このとき、各マイクロホン11を介して得られる全方位の音は、アナログ信号としてアンプ20に取り込まれた後、アンプ20によって増幅されて出力される。アンプ20によって増幅されたアナログ信号は、A/Dコンバータ30によりデジタル信号に変換されて演算処理装置40に取り込まれる。
- 10 演算処理装置40では、各マイクロホン11により取り込まれた音の解析を演算処理により行う。この場合、各マイクロホン11により取り込まれたそれぞれの音響信号の振幅特性と、位相特性とが演算処理によって求められる。また、これら振幅特性と位相特性とが求められると、
- 15 上述したバッフル10周辺の音場の解析情報が加味され、特定方向からの到来音を強調する演算処理を全方位に渡って行い、音源からの音の到来方向を演算処理により特定することができる。

- 次に、音源の音の強さを推定する場合、第2図に示す音源までの距離dを、入力装置70により演算処理装置40に入力する。このとき、演算処理装置40では、上述したように、音源からの音の到来方向と音圧とを演算処理により特定しているため、これらの演算処理結果と、音源までの距離dとから音源の音の強さを演算処理により推定することができる。音源の音の強さの推定を行う場合、従来の周波数領域ビームフォーミング手法に音源までの距離dを加味することで、音源の音の強さの推定を正確に行うことができる。

- 25 なお、この例では、音源からの音の到来方向の解析を終えた後、音源の音の強さを推定するための音源までの距離dを、入力装置70により

演算処理装置 40 に入力する場合について説明したが、音源探査の開始前に音源までの距離 d を、入力装置 70 により演算処理装置 40 に入力しておくようにしてもよいことは勿論である。

- また、この例では、第 2 図のように、単一の音源からの音の到来方向の解析と単一の音源の音の強さの推定とを行う場合について説明したが、たとえば室内の壁等の境界面において発生する複数の部位の音源からの音の到来方向の解析とそれぞれの部位の音源の音の強さの推定とを行う場合には、第 3 図に示すように、それぞれの部位の音源 $a \sim d$ までの距離 $d_1 \sim d_4$ を入力すればよい。
- 10 以上のようにして、演算処理装置 40 による演算処理により、音源からの音の到来方向の解析と音源の音の強さの推定とが行われると、その演算処理結果が音の強さ分布として表示装置 60 にカラーで表示される。表示装置 60 により表示される音の強さ分布の一例を、第 4 図に示す。第 4 図においては、音の強さの大小をたとえば $a \sim f$ ($a > b > c > d$
- 15 $> e > f$) で示している。

- このように、第 1 実施形態では、球体のバッフル 10 の表面に複数のマイクロホン 11 を配設して全方位の音を取り込むようにし、演算処理装置 40 により、複数のマイクロホン 11 により取り込まれたそれぞれの音響信号の振幅特性と、位相特性とを演算処理によって求めた後、それらの信号情報とバッフル周辺の音場解析情報を統合し、特定方向からの到来音を強調する演算処理を全方位に渡って行い、音源からの音の到来方向を演算処理により特定するとともに、これらの演算処理結果と入力装置 70 によって入力された距離とから音源又は境界面において発生する複数の部位の音源の音の強さの推定を行えるようにしたので、狭い
- 20 空間に限らず、全方位に渡る音源からの音の到来方向の特定と、音源の
- 25 音の強さの推定とを一度に行うことができる。

また、第1実施形態では、複数のマイクロホン11が取り付けられたバッフル10を設置し、アンプ20に各マイクロホン11のマイクロホンケーブル11aを接続すればよいので、設置作業が極めて容易となる。

5 なお、第1実施形態では、バッフル10を球体とした場合について説明したが、この例に限らず、バッフル10を半球体又は多面体等としてもよい。いずれの場合も、バッフル10の周囲の回折音の解析情報さえ何らかの形で得られればよい。このように、バッフル10を半球体又は多面体等としても、マイクロホン11自身はバッフルに内蔵されるため、
10 バッフル10の周囲の音場の乱れを抑制することができ、音源探査を正確に行うことが可能となる。

また、バッフル10の材質としては、複数のマイクロホン11等を内蔵した際に、適度な強度をもつものであればよく、ステンレス鋼、アルミ合金、銅合金等を用いることができる。また、バッフル10の表面には、鏡面加工や粗面加工が施されていてもよいし、吸音材が貼着されて
15 いてもよい。いずれにしても、バッフル10の形状や材質等によるバッフル10の周囲の回折音の解析情報が得られればよく、バッフル10の形状や材質等が異なっても、音源からの音の到来方向の解析と音源の音の強さの推定とを正確に行うことが可能となる。

(第2実施形態)

20 第5図は、第1図のバッフル10に単独もしくは複数の距離計測用音源素子を追加した場合の第2実施形態を示す図である。なお、以下に説明する図において、第1図～第3図と共通する部分には同一符号を付し重複する説明を省略する。

第5図に示す第2実施形態では、バッフル10の表面に音波を発生する
25 単独もしくは複数の距離計測用音源素子12が配設されている。距離計測用音源素子12としては、指向性又は無指向性の音響スピーカや超

音波スピーカ等を用いることができる。

このような構成では、距離計測用音源素子 1 2 から音波を発生させ、その音波の反射波を各マイクロホン 1 1 によって取り込み、さらに演算処理装置 4 0 による演算処理により、各マイクロホン 1 1 によって取り
5 込まれたそれぞれの反射波の振幅特性と、位相特性とを求めた後、それらの信号情報とバッフル周辺の音場解析情報を統合し、特定方向からの到来音を強調する演算処理を全方位に渡って行い、境界面からの音の到来方向を演算処理により特定するとともに、音波の発生時から反射波の取込時までの時間を加味することで、音源又は境界面において発生する
10 複数の部位の音源までの距離を自動的に計測することができる。

このように、音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源までの距離を自動的に計測することで、音源からの音の到来方向の解析と音源の音の強さの推定とをさらに正確に行うことが可能となるばかりか、予め、測定地の近辺の建物や障害物、山等、あるいは、車
15 両の内部や室内の形状と位置とを把握することができる。

また、距離計測用音源素子 1 2 より発生させた試験音とその反射音の各方向毎の到来方向、強さ、位相等の反射音性状を解析することで、その場の残響時間、エコータイムパターン等の音響調査も可能となる。

なお、距離計測用音源素子 1 2 からの音波としては、特定の周波数の
20 試験波を用いてもよいし、ランダムノイズ、擬似ランダムノイズ、M 系列信号、周波数掃引信号等を利用し、演算処理を施して単独もしくは複数の部位の音源までの距離を自動的に計測することも可能である。このようにして、音源又は境界面において発生する複数の部位の音源までの距離の計測がなされると、音源からの音の到来方向の解析と音源の音の
25 強さの推定とをさらに正確に行うことが可能となる。

(第 3 実施形態)

第6図は、第5図のバッフル10に単独もしくは複数の受光素子を追加した場合の第3実施形態を示す図である。

第6図に示す第3実施形態では、バッフル10の表面に単独もしくは複数の受光素子13が配設されている。受光素子13としては、C C D
5 (Charge Coupled Device) とレンズとを備えたC C Dカメラ等のカメラ類、レーザ受光素子、赤外線受光素子等を用いることができる。

受光素子13をカメラ類とした場合、それぞれの受光素子13は、隣り合う受光素子それぞれの撮影範囲がオーバーラップするように配設することが好ましい。つまり、第7図に示すように、受光素子13によつて撮影範囲X、Yを撮影し、隣り合う他の受光素子13で撮影範囲Y、
10 Zを撮影することで、撮影範囲Yがオーバーラップするようにする。

このような構成では、バッフル10の表面に複数の受光素子13を、その撮影範囲がオーバーラップするように配設するようにしたので、特定した音の到来方向に対応する、音源又は境界面において発生する複数の
15 の部位の音源の周囲の画像を自動的に取り込むことができ、その取り込んだ画像を演算処理装置40が表示装置60にカラーで表示させることができる。表示装置60により表示される画像の一例を、第8図に示す。

また、第8図の画像に、第4図に示した音の強さ分布の画像を合成して表示させることも可能である。この場合、第4図の画像に相当する第
20 9図9(a)の画像において、点線丸で示す部分を選択すると、その選択した部分に相当する第9図(b)に示す画像が得られ、第9図(b)の画像に第9図(a)の画像において選択された部分の音の強さ分布が第9図(c)に示すように合成されて表示される。

このように、受光素子13により画像を自動的に取り込むようにすることで、上述した作用効果に加え、音源又は境界面において発生する複数の
25 の部位の音源の周囲の画像とともに、音の到来方向及び/又は音の強さ

分布を表示させることができ、それらの分布を視覚的に捉えることが容易となる。

受光素子 13 をレーザ受光素子、赤外線受光素子等とした場合には、次の第 4 実施形態で有効に利用される。

5 (第 4 実施形態)

第 10 図は、第 6 図のバッフル 10 に複数の光源を追加した場合の第 4 実施形態を示す図である。

第 10 図に示す第 4 実施形態では、バッフル 10 の表面に複数の光源 14 が配設されている。光源 14 としては、CCD カメラ用照明、レーザポインタ、レーザ測距離計、ストロボ光源等を用いることができる。

このような構成においてレーザポインタ等の指向性が鋭い光源を配設した場合には、バッフルの設置が困難な場所でも正確にバッフルの設置位置を定めることができる。

このような構成においてレーザ距離計等の距離計を配設した場合には、光源 14 から光を発生させ、その光の反射光を受光素子 13 によって取り込み、バッフルと音源となりうる境界面までの距離を自動的に計測することができる。

また、光源 14 から発生させた光を用いることで、音源又は境界面において発生する複数の部位の音源の周囲を照らすことができ、薄暗い場所であっても受光素子 13 による画像を綺麗に取り込むことができる。

なお、光源 14 からの光として、ストロボ光源を用いた場合には、光源 14 からの光の点滅周期を一定として回転体に照射し、点滅周期と回転周期とが一致して回転体が静止したように見えたときの周期を測定することで、回転体の速度を遠隔計測することも可能となる。また、同様に光の点滅周期を一定として振動面に放射した場合には、受光素子 13 において所謂ストロボスコープの原理で音源となる境界面等の振動の様

子を観察することが可能になる。

(第5実施形態)

第11図は、第6図のバッフル10の受光素子13により、音源又は境界面において発生する複数の部位の音源までの距離を自動的に計測する場合の第5実施形態を説明する図である。

第11図に示す第5実施形態では、上記同様に、受光素子13により画像を自動的に取り込んだ後、隣り合う受光素子13の撮影範囲がオーバーラップする部分を画像処理し、音源又は境界面において発生する複数の部位の音源までの距離を自動的に計測するようにしている。このように、受光素子13により画像を自動的に取り込むとともに、演算処理装置40がオーバーラップする部分を画像処理し、音源までの距離を自動的に計測するようにすることで、上記同様に、音源又は境界面において発生する複数の部位の音源の正確な音の強さを推定することが可能となる。

(第6実施形態)

第12図は、第6図のバッフル10を複数設けた場合の実施形態のうち、一例としてバッフル10を2個設けた場合の第6実施形態を示す図である。

第12図に示す第6実施形態では、バッフル10を2個設けることで、演算処理装置40による演算処理により、一方のバッフル10から音源までの距離及び/又は音の到来方向と、他方のバッフル10から音源までの距離及び/又は音の到来方向と、バッフル10同士の間の位置関係とを得ることができる。また、これらの情報を基に三角測量の原理により、音源までの距離がさらに正確に測定されることになり、音源の音の強さをより正確に推定することは勿論、単一のバッフルを使用した場合に比較して使用マイクロホン数が増加することや、受音範囲が拡大されるこ

とにより、音源探査の精度を大幅に高めることが可能になる。

なお、第6実施形態では、一例として第6図のバッフル10を2個設けた場合について説明したが、この例に限らず、第1図、第5図、第10図のバッフル10を複数設けるようにしてもよいことは勿論である。

5 (第7実施形態)

第13図は、第1図のバッフル10に複数のサテライトマイクロホン
を設けた場合の第7実施形態を示す図である。

第13図に示す第7実施形態では、バッフル10に複数のサテライト
マイクロホン11Aが配設されている。

10 このように、バッフル10に複数のサテライトマイクロホン11Aを
配設することで、バッフル10に内蔵されたマイクロホンに加えて、演
算処理装置40はサテライトマイクロホンからの音響情報を音源探査に
用いることができる。サテライトマイクロホン11Aからの音響情報は、
15 バッフル10に配設されたマイクロホン同様、バッフル10の周囲の回
折音の解析情報を加味した形で利用されることが望ましい。サテライト
マイクロホン11Aは、バッフル10よりも外側に配設されるため、バ
ッフルのサイズ10を変えずとも、仮想的にバッフル10のサイズを大
きくした効果をもたらす。音源探査に利用できるマイクロホンの数も増
加することから、音源探査の精度を大幅に高めることが可能となる。

20 なお、第7実施形態では、第1図のバッフル10に複数のサテライト
マイクロホン11Aを設けた場合について説明したが、この例に限らず、
第5図、第6図、第10図、第12図に示すバッフル10に複数のサテ
ライトマイクロホン11Aを設けるようにしてもよいことは勿論である。
また、バッフル上のマイクロホンを全てサテライトマイクロホンに置き
25 換えて使用することも勿論可能である。

産業上の利用可能性

- 以上の如く本発明に係る音源探査システムによれば、球体、半球体又は多面体のバッフルの表面及び/又はその近傍に単独又は複数のマイクロホンを配設して全方位の音を取り込むようにし、演算処理装置により、
- 5 複数のマイクロホンにより取り込まれたそれぞれの音響信号の振幅特性と、位相特性に着目し演算処理によって音の到来方向を特定した後、これらの演算処理結果と入力装置や音源・光源・画像処理などによって計測された距離とから音源又は境界面において発生する複数の部位の音源の音の強さの推定を行うようにしたので、狭い空間に限らず、全方位に
- 10 渡る音源からの音の到来方向の特定と、音源の音の強さの推定とを一度に行うことができる。

請求の範囲

1. 球体、半球体又は多面体のバッフルと、

前記バッフルの表面に全方位の音を取り込むために配設された複数のマイクロホンと、

5 前記複数のマイクロホンを介して得られる全方位の音の電気信号であるアナログ信号を増幅するアンプと、

前記アンプによって増幅されたアナログ信号をデジタル信号に変換するA/Dコンバータと、

10 前記A/Dコンバータによって変換されたデジタル信号を演算処理し、音源からの音の到来方向の解析及び/又は音源の音の強さの推定を行う演算処理装置と、

前記演算処理装置による演算処理結果を記録する記録装置と、

前記演算処理装置による演算処理結果を基に、音源からの音の強さの分布を表示する表示装置と、

15 音源又は境界面において発生する複数の部位の音源までの距離を入力する入力装置とを備え、

前記演算処理装置は、前記複数のマイクロホンにより取り込まれたそれぞれの音響信号の振幅特性と、位相特性とを演算処理によって求めた後、それらの信号情報とバッフル周辺の音場解析情報を統合し、特定方向からの到来音を強調する演算処理を全方位に渡って行い、音の到来方向を特定するとともに、これらの演算処理結果と前記入力装置によって入力された距離とから音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源の音の強さの推定を行うことを特徴とする音源探索システム。

25 2. 前記バッフルの表面に、音波を発生する単独もしくは複数の指向性又は無指向性の音源素子が配設され、

前記演算処理装置は、前記複数のマイクロホンによって取り込まれたそれぞれの反射音の振幅特性と、位相特性とを演算処理によって求めた後、それらの信号情報とバッフル周辺の音場解析情報を統合し、特定方向からの到来音を強調する演算処理を全方位に渡って行い、反射音の到来方向を特定するとともに、試験音の発生時から反射音の取込時までの時間差を加味することで、バッフルから音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源までの距離を自動的に計測し、この値を音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源の音の強さ及び/又はその場周辺からの反射音の強さの推定のための情報として利用することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の音源探索システム。

3. 前記バッフルの表面に、単独もしくは複数の受光素子が撮影範囲をオーバーラップさせるように配設され、

前記演算処理装置は、前記特定した音の到来方向に対応する前記単独もしくは複数の受光素子の画像を取り込み、その画像もしくはその画像をもとに画像処理を行った結果に前記演算処理によって求めた音の到来方向及び/又は音の強さ分布の画像を合成して表示させることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項に記載の音源探索システム。

4. 前記バッフルの表面に、単独もしくは複数の光源が配設され、

前記演算処理装置は、光の発生時から反射光の取込時までの時間を加味することで、バッフルから境界面において発生する複数の部位の音源までの距離を自動的に計測し、この値を音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源の音の強さの推定のための情報として利用することを特徴とする請求の範囲第3項に記載の音源探索システム。

5. 前記演算処理装置は、前記受光素子の撮影範囲がオーバーラップする部分を画像処理し、音源又は境界面において発生する単独もしくは複

数の部位の音源までの距離を自動的に計測することを特徴とする請求の範囲第3項又は第4項に記載の音源探査システム。

6. 前記バッフルを複数個配設し、

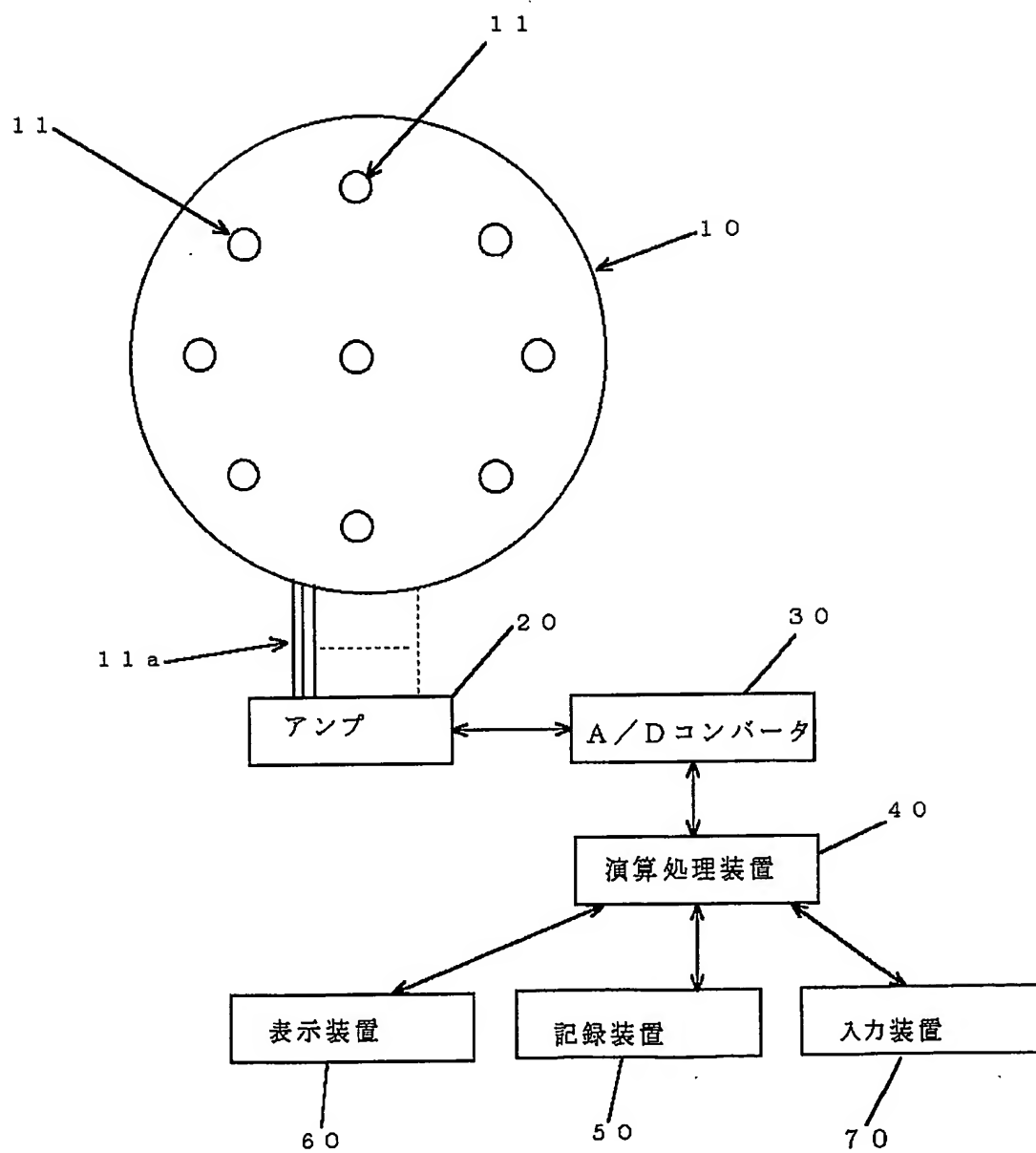
- 前記演算処理装置は、一方の前記バッフルから音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源までの距離及び/又は音の到来方向と、他方の前記バッフルから音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源までの距離及び/又は音の到来方向と、前記バッフル同士の間との位置関係とを求めた後、これらの情報を基に音源又は境界面において発生する単独もしくは複数の部位の音源までの距離を三角測量の原理により求めることを特徴とする請求の範囲第1項～第5項のいずれかに記載の音源探査システム。

7. 前記バッフルの表面から離れた場所に、単独もしくは複数のサテライトマイクロホンが配設され、

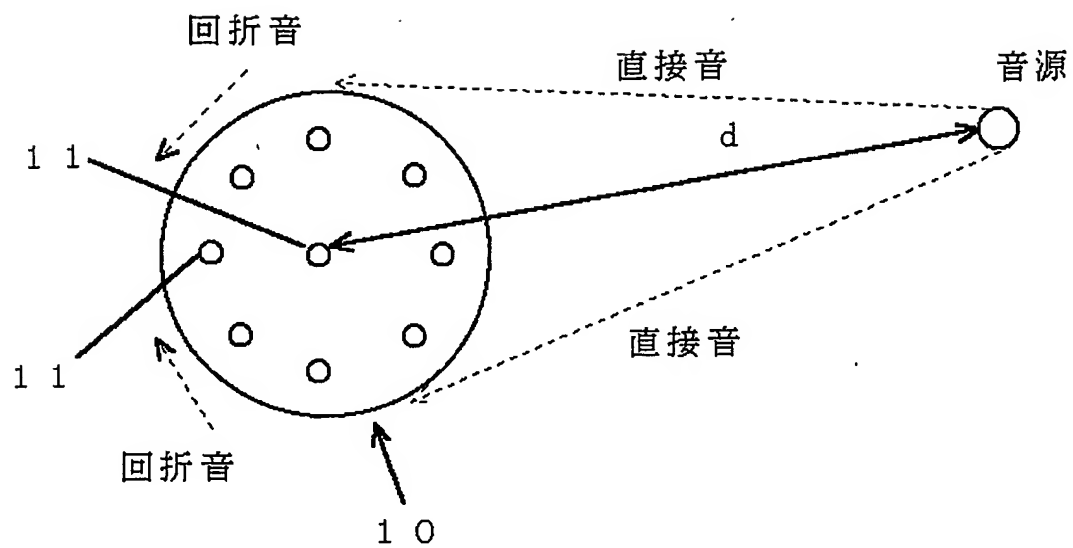
- 前記演算処理装置は、前記複数のサテライトマイクロホンによって取り込まれた音を用いて、音の到来方向及び/又は音源の音の強さを求めることを特徴とする請求の範囲第1項～第6項のいずれかに記載の音源探査システム。

8. 前記バッフルは、接地面から所定の高さに保持されるように、長尺部材の頂部に取り付けられていることを特徴とする請求の範囲第1項～第7項のいずれかに記載の音源探査システム。

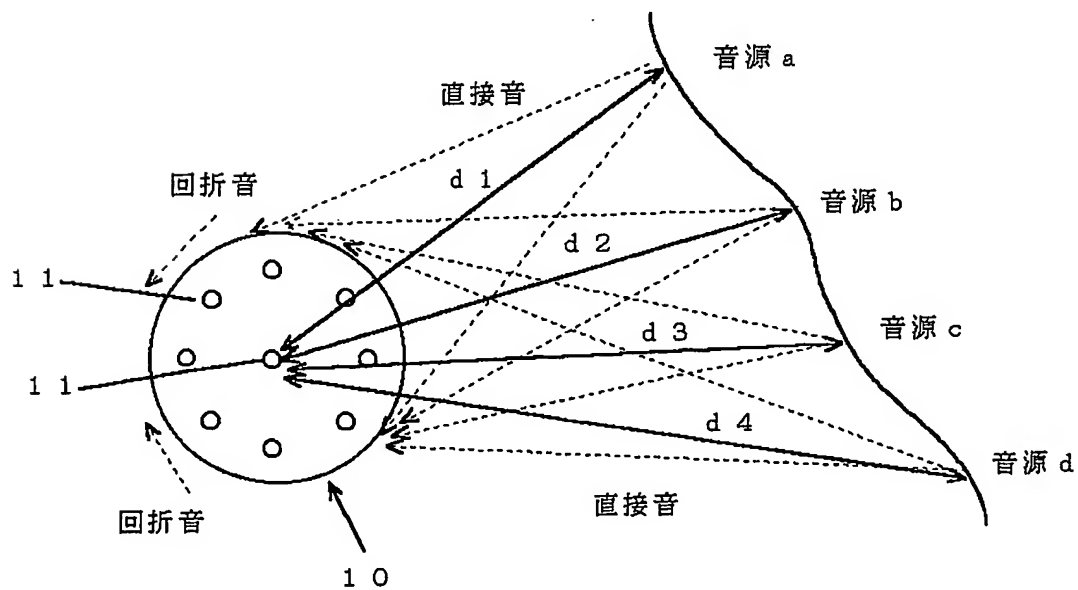
第1図



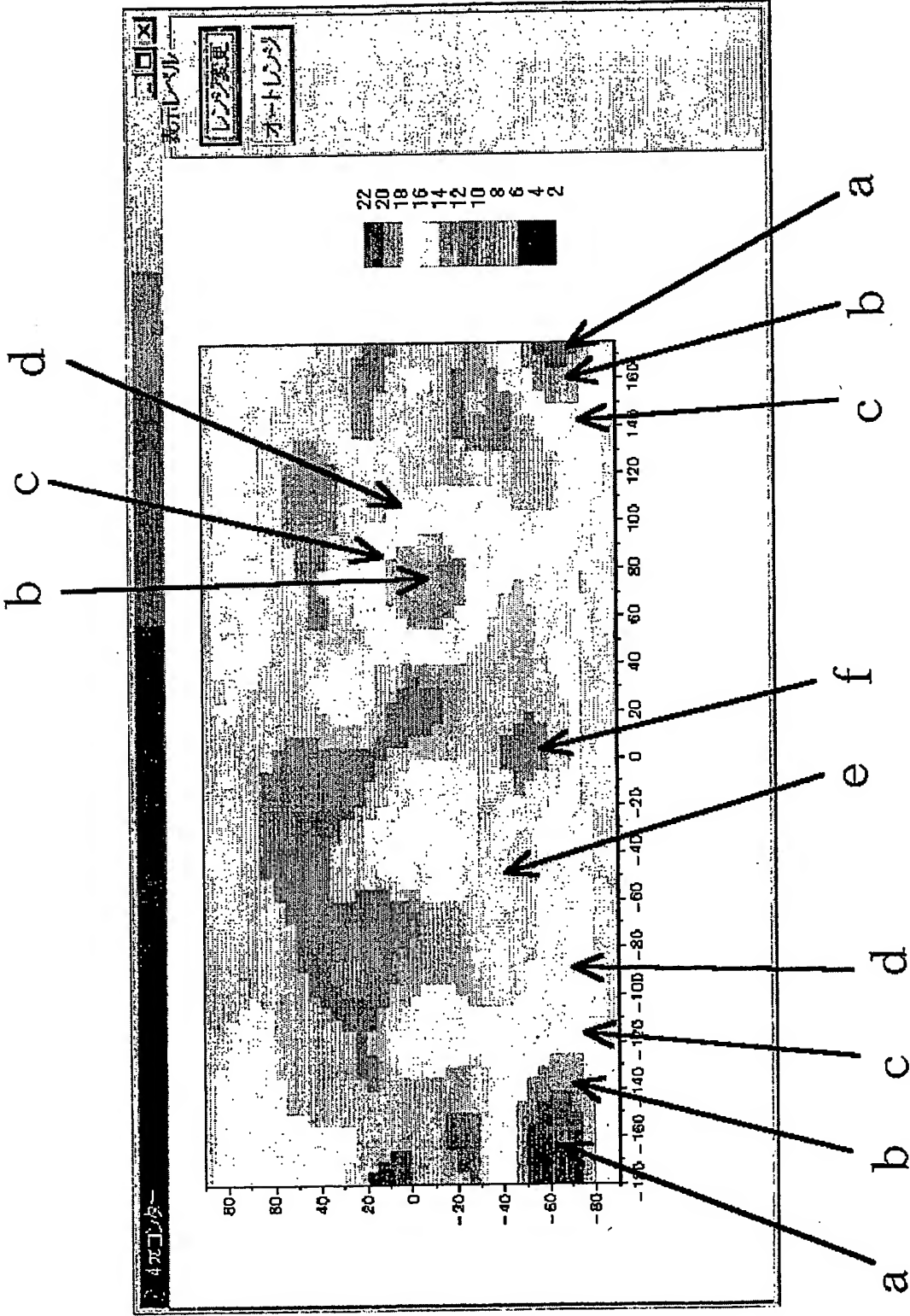
第2図



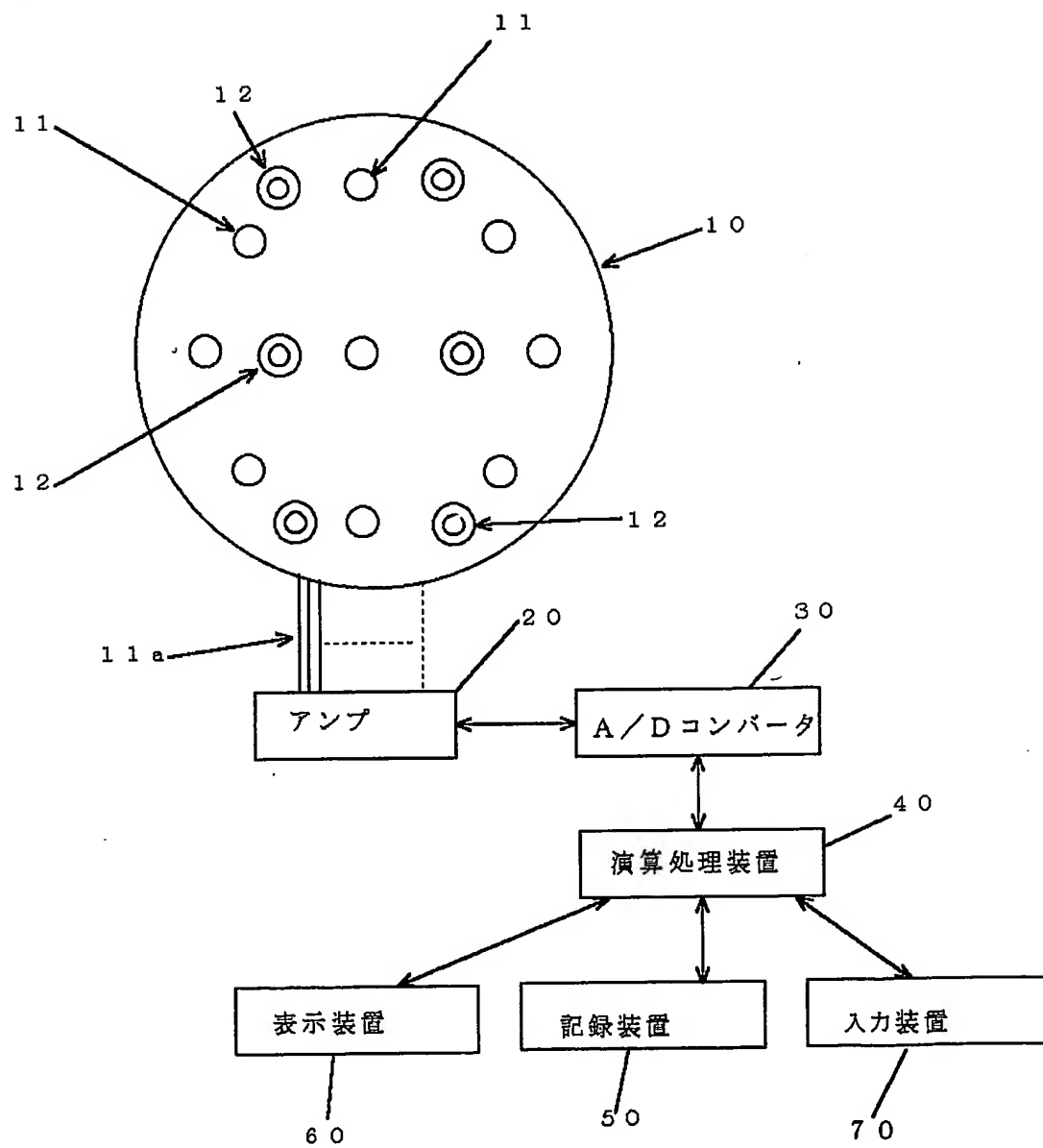
第3図



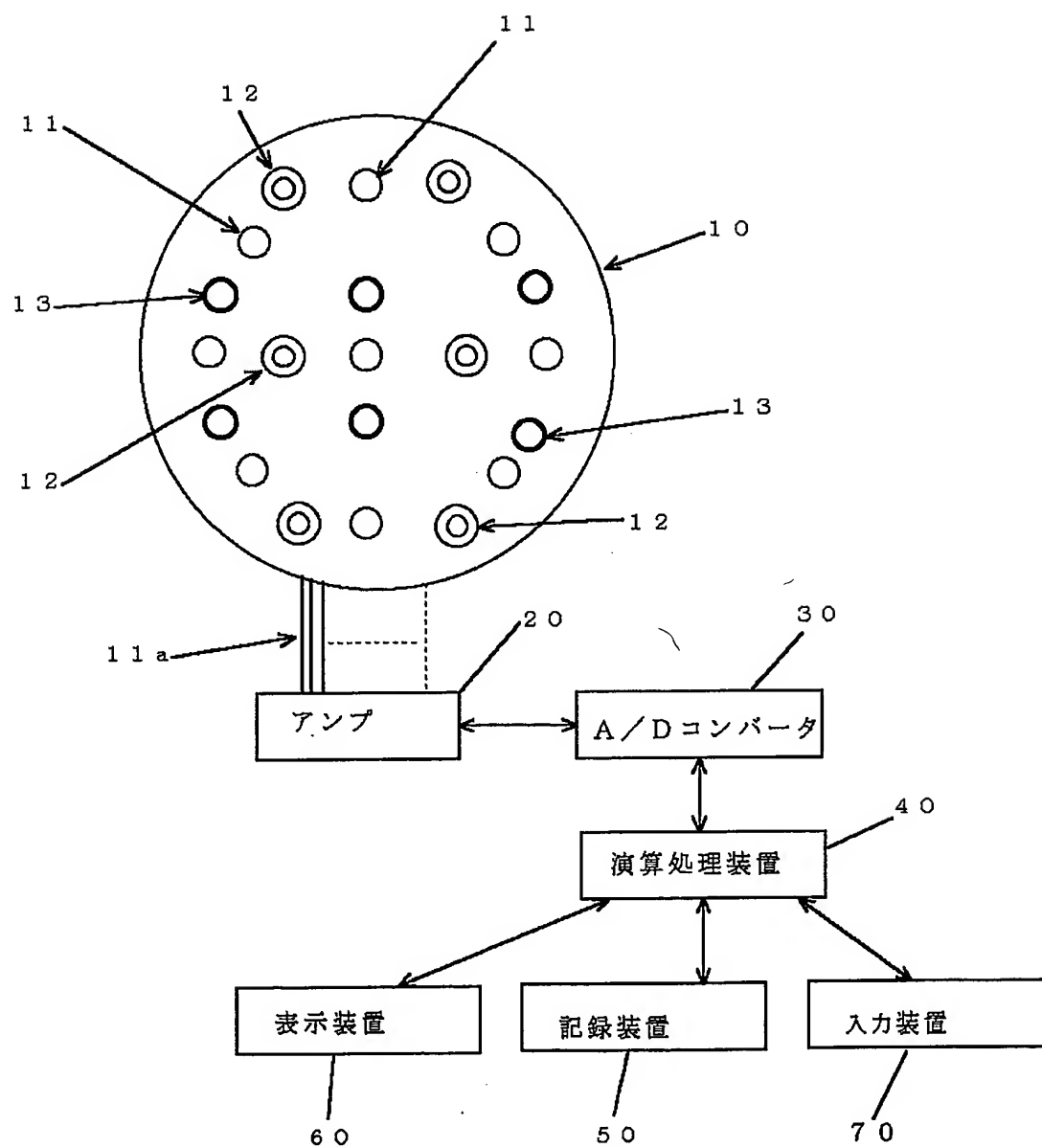
第4図



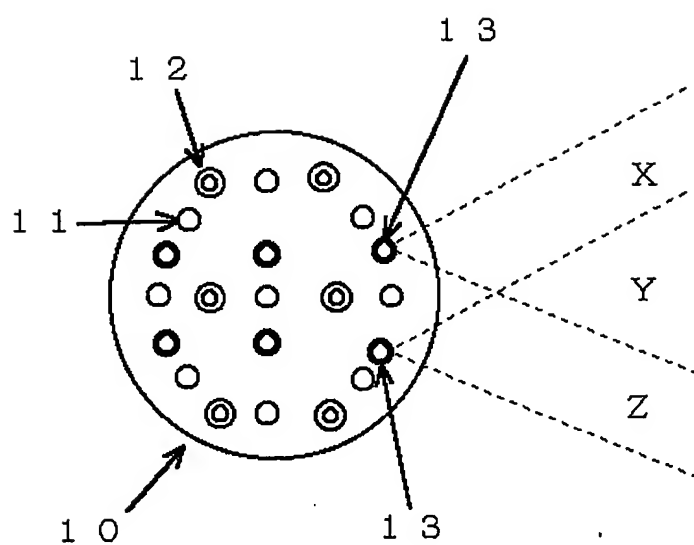
第5図



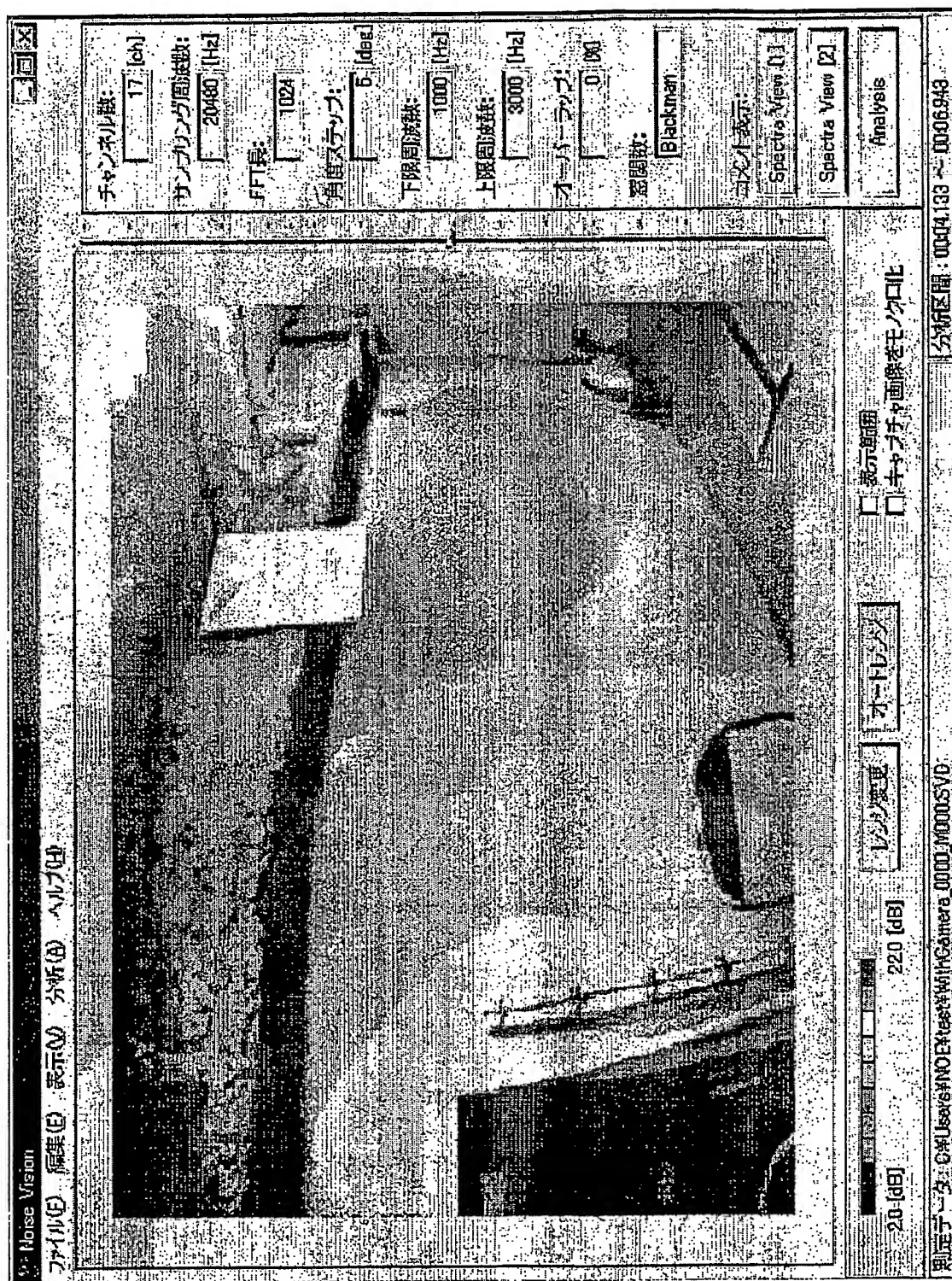
第6図



第7図

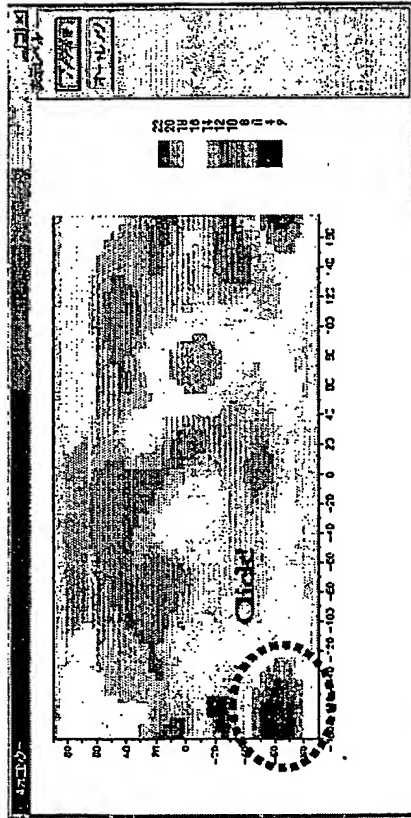


第8図



第9図

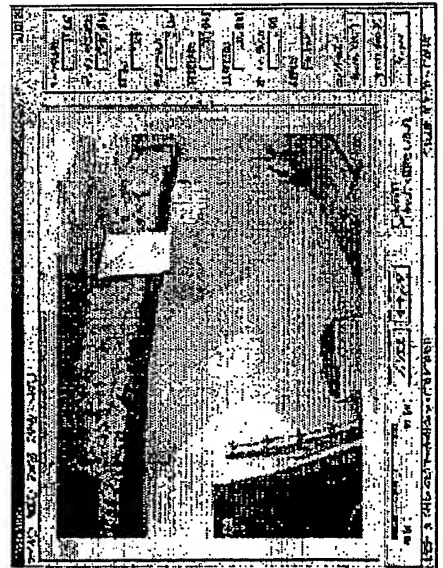
(a)



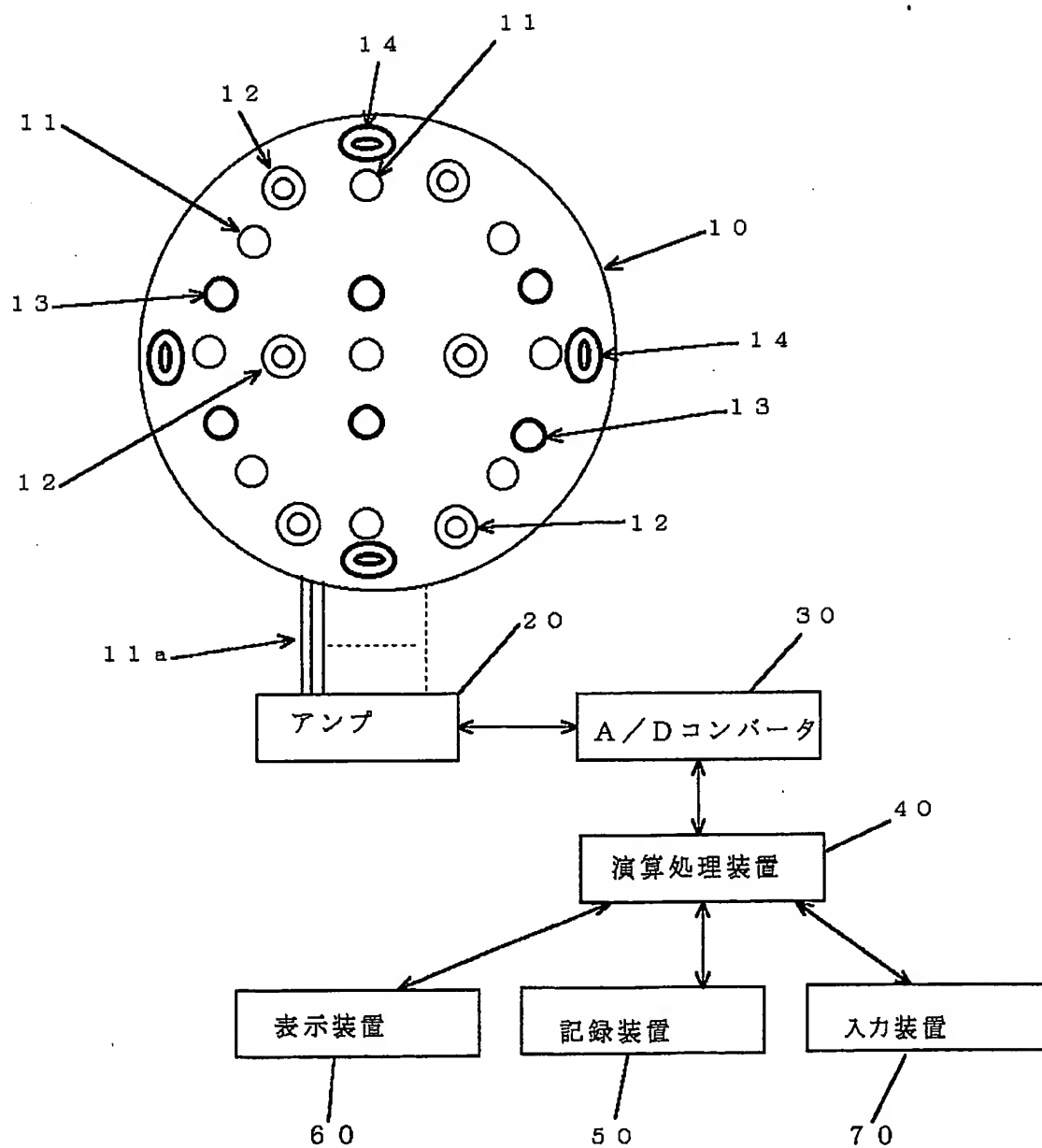
(c)



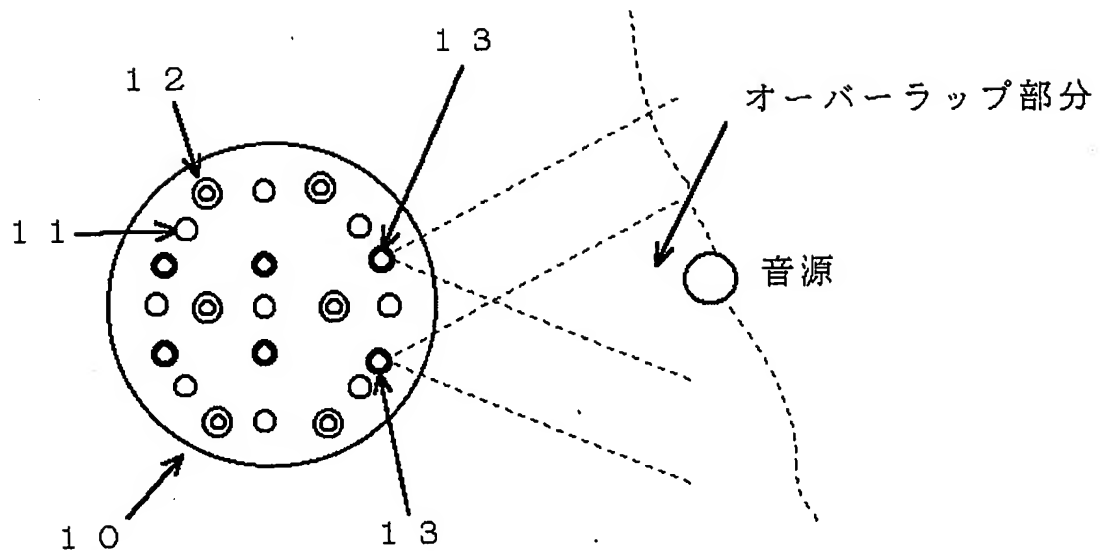
(b)



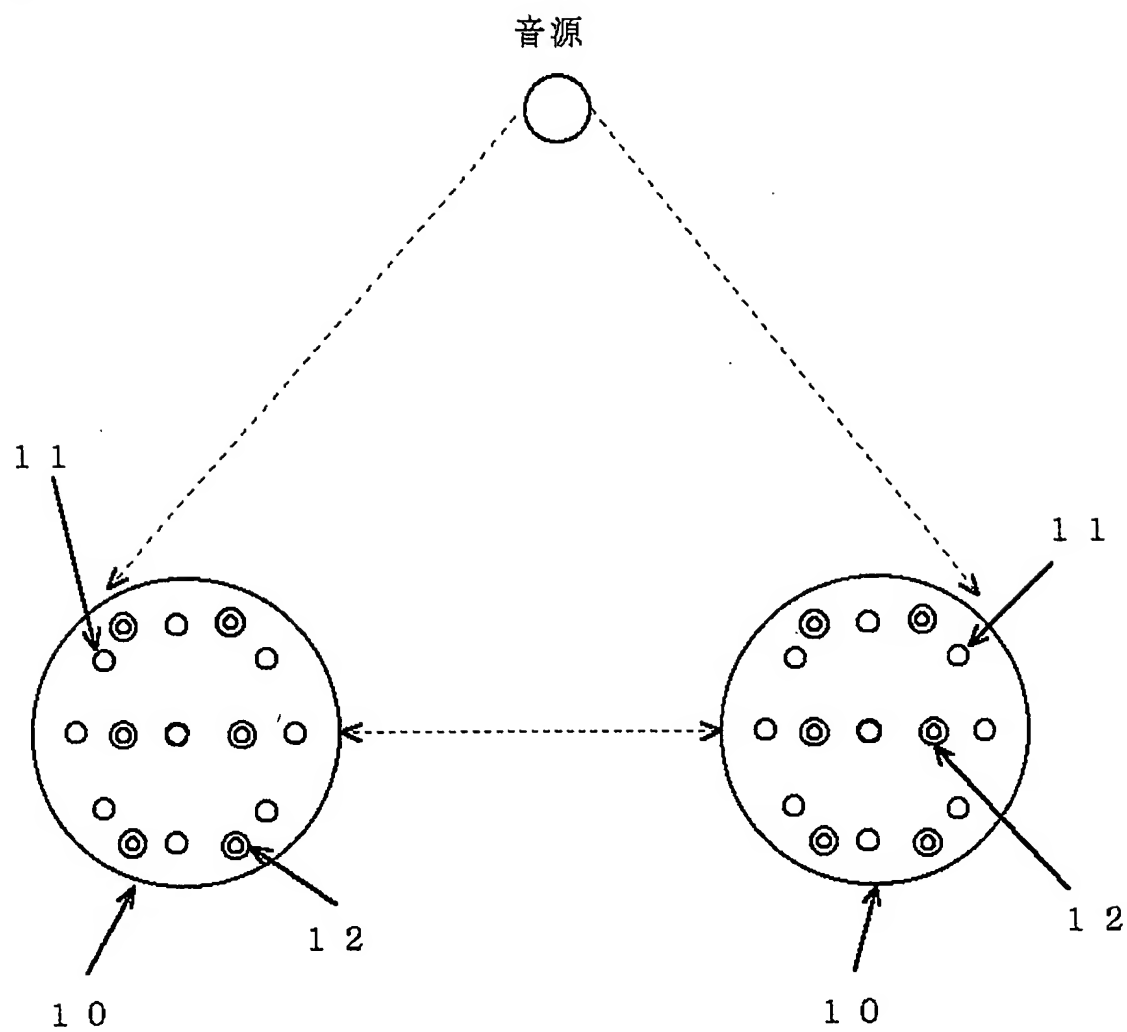
第10図



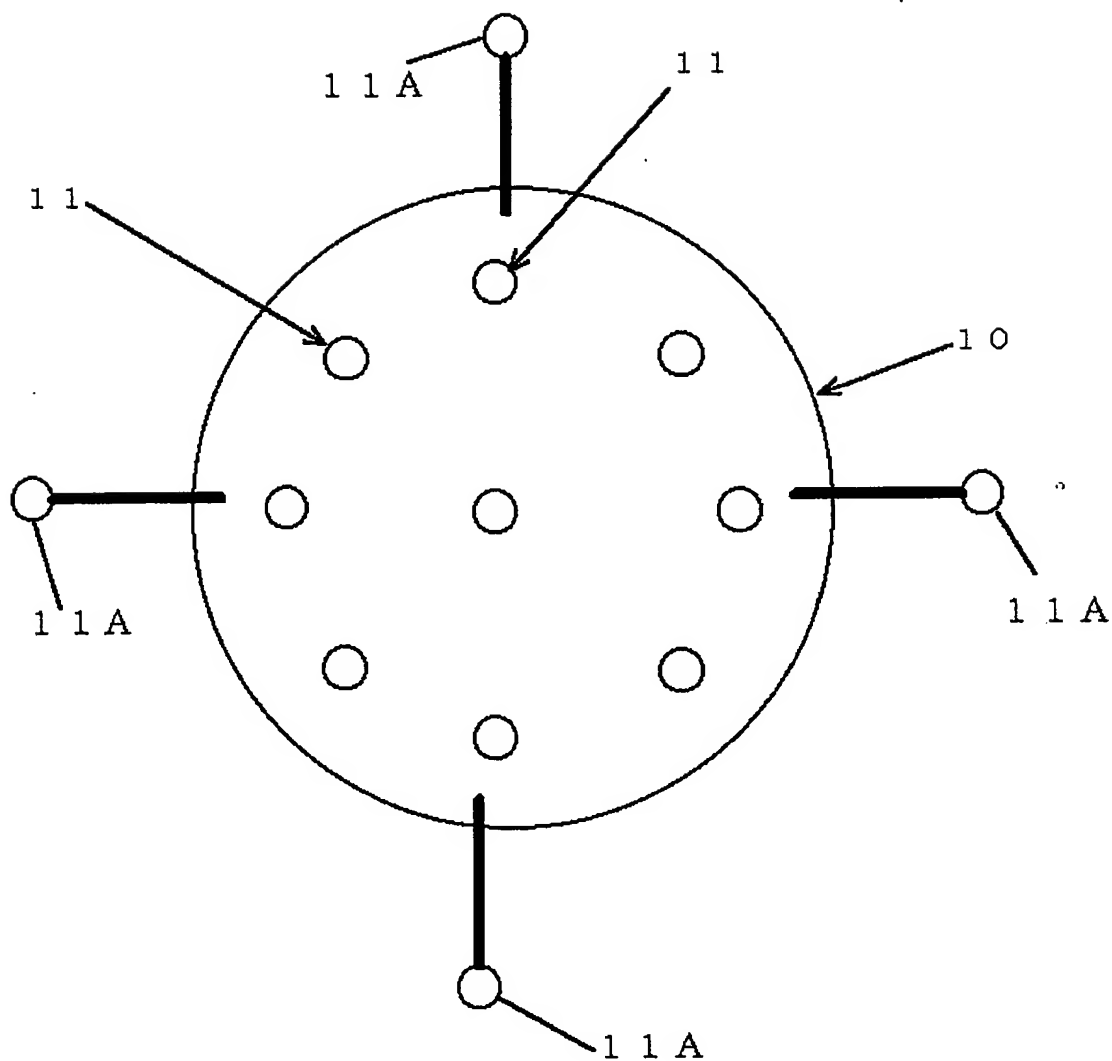
第11図



第12図



第13図



符号の説明

1 0 バッフル

1 1 マイクロホン

1 1 A サテライトマイクロホン

1 1 a マイクロホンケーブル

1 2 距離計測用音源素子

1 3 受光素子

1 4 光源

2 0 アンプ

3 0 A/Dコンバータ

4 0 演算処理装置

5 0 記録装置

6 0 表示装置

7 0 入力装置

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

CT/JP03/10851

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G01S3/80, H04R3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01S3/80, H04R3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 4-72525 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 06 March, 1992 (06.03.92), Page 2, upper left column, line 20 to page 3, upper left column, line 6; Fig. 1 (Family: none)	1-8
A	US 5717656 A (YBM Technologies, Inc.), 10 February, 1998 (10.02.98), Column 3, line 65 to column 4, line 36; Fig. 1 (Family: none)	1-8
A	WO 02/29432 A1 (CHUBU ELECTRIC POWER Co., Inc.), 11 April, 2002 (11.04.02), Page 5, line 7 to page 6, line 3; Fig. 1 & US 2002/0181721 A1 & EP 1331490 A1 & JP 2002-181913 A	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
02 December, 2003 (02.12.03)

Date of mailing of the international search report
16 December, 2003 (16.12.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10851

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-64089 A (Toshiba Corp.), 05 March, 1999 (05.03.99), Par. Nos. [0023] to [0031]; Fig. 5 (Family: none)	1-8
A	JP 10-332807 A (Fujitsu Ltd.), 18 December, 1998 (18.12.98), Par. Nos. [0013] to [0106]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-8
A	JP 7-37908 B2 (NEC Corp.), 26 April, 1995 (26.04.95), Par. Nos. [0013] to [0029]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01S3/80, H04R3/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01S3/80, H04R3/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 4-72525 A(日本電信電話株式会社) 1992.03.06, 第2頁左上欄第20行-第3頁左上欄第6行, 第1図 (ファミリーなし)	1-8
A	US 5717656 A(YBM Technologies, Inc.) 1998.02.10, 第3欄第65行-第4欄第36行, 第1図(ファミリーなし)	1-8
A	WO 02/29432 A1(CHUBU ELECTRIC POWER Co., Inc.) 2002.04.11, 第5頁第7行-第6頁第3行, 第1図 & US 2002/01 81721 A1 & EP 1331490 A1 & JP 2002-181913 A	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.12.03

国際調査報告の発送日

02.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

松下 公一



2S

9603

電話番号 03-3581-1101 内線 3257

C (続き) 関連すると認めらる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 11-64089 A(株式会社 東芝) 1999.03.05, 【0023】-【0031】, 第5図(ファミリーなし)	1-8
A	JP 10-332807 A(富士通株式会社) 1998.12.18, 【0013】-【0106】, 第1-2図(ファミリーなし)	1-8
A	JP 7-37908 B2(日本電気株式会社) 1995.04.26, 【0013】-【0029】, 第1-3図(ファミリーなし)	1-8

(Translation)
WO 2004/021031

10/525908

PCT/JP2003/010851
DT06 Rec'd PCT/PTO 25 FEB 2005

TITLE OF THE INVENTION

Sound-source Search System

"EXPRESS MAIL" LABEL NO.: E15505 80377 US
I HEREBY CERTIFY THAT THIS PAPER IS BEING DEPOSITED WITH THE UNITED STATES POSTAL SERVICE "EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE" SERVICE UNDER 37 CFR 1.10 IN AN ENVELOPE ADDRESSED TO: THE COMMISSIONER OF PATENTS, P.O. BOX 1450, ALEXANDRIA, VA 22313-1450, ON THIS DATE. THE COMMISSIONER IS HEREBY AUTHORIZED TO CHARGE ANY FEES ARISING HEREFROM AT ANY TIME TO DEPOSIT ACCOUNT 18-0877.

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of the Invention:

2/25/05
DATE

James Z. Hard
SIGNATURE

This invention relates to a sound-source-search system that searches for a sound source such as acoustic noise, and more particularly to a sound-source-search system in which a plurality of microphones are arranged at locations on a spherical, semi-spherical or polyhedral baffle surface and/or location separated from the surface, and processes the electrical signals from the sounds obtained from each of the microphones, and estimates the direction from which the sound comes and intensity of the sound source from all directions.

In an electric generation plant, chemical plant, factory having an assembly line, or the like, acoustical noise that is generated from various equipment and machinery such as motors, pumps, fans, transformers, etc., are combined and reach bordering areas or nearby homes. Also, inside transportation means such as automobiles, trains, airplanes, acoustical noises that are generated by the various components such as engines, gears, fans, and the like are combined and inhibit silence inside. Moreover, in normal housing areas such as apartments, and the like, silence inside is inhibited by various noises. In order to solve the problems posed by these acoustical noises, it is necessary to accurately know the direction from which the sound is coming, and the intensity of the sound source.

Conventionally, a sound source was searched for by placing a plurality of microphones over a wide area, recording the acoustical signals obtained by way of those microphones by a recording device such as a tape recorder and processing each of the recorded acoustical signals. However, in this kind of method of searching for a sound source, not only was it necessary to set up a plurality of microphones over a wide area, it was also necessary

to wire each of the microphones to a recording device, so the set up work was very complicated.

(Pg. 2)

Also, as a different sound-source-search method is the sound-source-search apparatus disclosed, for example, in Japanese Patent Publication No. H06-113387. This is an apparatus that faces a parabolic reflector in the direction from which the sound is coming and records the acoustic signal to make it possible to visualize the sound source. However, the disadvantage of this method is that the estimated sound source is limited to the direction in which the parabolic reflector is faced. In other words, the recording direction is limited by the location and angle at which the microphone is located, so it is impossible to search for sound sources in all directions at the same time.

In order to solve this problem, in Japanese Patent Publication No. 2003-111183 a sound-source-search system is proposed in which a first to fourth microphone are arranged on a rotating frame that is installed on a base to form a detection unit with an origin point located in the center of a square XY plane, and a fifth microphone is placed above the center of the square formed by the first to fourth microphones such that the distances between the first to fourth microphones and fifth microphone are the same, and the direction from which the sound is coming is estimated from the difference in arrival time of output signals from each microphone.

However, in Japanese Patent Publication No. 2003-111183 described above, the first to fifth microphone are located on a rotating frame, and as can be analogized from the simplified installation work and a single-mounted camera, since it is necessary to rotate the rotating frame in order to search for a sound source in all directions, it is impossible to identify the direction from which the sound is coming and estimate the intensity of the sound source in all directions at the same time. Moreover,

since the microphones, camera and accompanying cables are located in a naked state in the space through which the sound propagates, the system is vulnerable to the sound reflected from the microphones, camera and cables themselves, which has a large effect on the results of the search for the sound source.

(Pg. 3)

Taking into consideration the problems described above, the object of this invention is to provide a sound-source-search system that is not limited to a small space and is capable of identifying the direction from which sound is coming and the intensity of the sound source in all directions at the same time.

SUMMARY OF THE INVENTION

The sound-source search system according to the first claim of the invention comprises: a spherical, semi-spherical or polyhedral baffle; a plurality of microphones that are arranged on the surface of the baffle for picking up sound in all directions; an amp that amplifies analog signals, which are electrical signals for the sounds in all directions that were picked up by the plurality of microphones; an A/D converter that converts the analog signals the were amplified by the amp to digital signals; an arithmetic-processing apparatus that performs arithmetic processing on the digital signals that were converted by the A/D converter, and analyzes the direction from which the sound from the sound source comes, and/or estimates the intensity of the sound from the sound source; a memory apparatus for storing the arithmetic-processing results from the arithmetic-processing apparatus; a display apparatus that displays the intensity distribution of the sound from the sound source based on the arithmetic-processing results from the arithmetic-processing apparatus; and an input apparatus for entering the distance to the sound source, or sound sources generated at a plurality of sites on boundary surfaces; and wherein the

arithmetic-processing apparatus, by arithmetic processing, finds the amplitude characteristics and phase characteristics of the acoustic signals picked up by the plurality of microphones, after which it combines that signal information with analysis information for the sound field around the baffle, and together with performing arithmetic processing to emphasize the sound coming from a specific direction for all directions, and identifying the direction from which the sound comes, it estimates the intensity of the sound from the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces based on the arithmetic-processing results and distance(s) input from the input apparatus.

(Pg. 4)

Also, it is possible for the system to be such that there are one or more directive or non-directive sound-source elements that generate sound waves arranged on the surface of the baffle; and where the arithmetic-processing apparatus, by arithmetic processing, finds the amplitude characteristics and phase characteristics of each of the reflected sounds that are picked up by the plurality of microphones, after which it combines that signal information with analysis information for the sound field around the baffle, and together with performing arithmetic processing to emphasize the sound coming from a specific direction for all directions, and identifying the direction from which the reflected sound comes, automatically measures the distance from the baffle to the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces by using the time difference from when the test sound was generated to when the reflected sound was picked up; and uses that value as information for estimating the intensity of the sound from the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces, and/or estimating the intensity of the sound reflected from that area.

It is also possible for the system to be such that one or more

light-receiving elements are arranged on the surface of the baffle such that their imaging ranges overlap; and where the arithmetic-processing apparatus takes in the images from said one or more light-receiving elements that corresponds to the direction from which a specific sound comes, and combines and displays the image of the direction from which the sound comes and/or intensity of the sound found through arithmetic processing with that image or the result of image processing based on that image.

It is also possible for the system to be such that one or more light sources are arranged on the surface of the baffle; and where the arithmetic-processing apparatus automatically measures the distance from the baffle to sound sources generated at a plurality of sites on boundary surfaces by using the time from when light was generated until the reflected light was taken in; and uses that value as information for estimating the intensity of the sound from the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces.

Furthermore, the system can be such that the arithmetic-processing apparatus performs image processing on the area of the imaging range of the light-receiving elements that overlap, and automatically measures the distance to the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces.

(Pg. 5)

The system can also be such that there is a plurality of baffles; and the arithmetic-processing apparatus finds: the distance from one of the baffles to the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces and/or the direction from which the sound comes; the distance from another baffle to the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces and/or the direction from which the sound comes; and the positional relationship between the

baffles; after which, based on this information, uses the theory of triangulation to find the distance to the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces.

Moreover the system can be such that one or more satellite microphones are arranged at locations separated from the surface of the baffle; and where the arithmetic-processing apparatus uses the sound picked up by the plurality of satellite microphones to find the direction from which the sound comes and/or intensity of the sound from the sound source.

Furthermore, the system can be such that the baffle is installed at the top of a long member such that it is held at a specified height above the ground.

In the sound-source search system of this invention, a plurality of microphones are arranged on the surface of a spherical, semi-spherical or polyhedral baffle to pick up sound from all directions, and after an arithmetic-processing apparatus finds through arithmetic processing the amplitude characteristics and phase characteristics of the acoustic signals picked up by the plurality of microphones, it combines that signal information with analysis information for the sound field around the baffle, and together with performing arithmetic processing for emphasizing sound coming from a specific direction for all directions, and identifying the direction from which the sound from the sound source comes, based on the arithmetic processing results and distances input from the input apparatus, it is able to estimate the intensity of the sound from the sound source or sound sources generated at a plurality of sites on boundary surfaces.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig. 1 is a drawing for explaining the basic construction of a first embodiment of the sound-source-search system of the invention.

Fig. 2 is a drawing for explaining the sound-source-search method of

the sound-source-search system shown in Fig. 1.

Fig. 3 is a drawing for explaining the sound-source-search method of the sound-source-search system shown in Fig. 1.

Fig. 4 is a drawing showing an example of the sound intensity distribution shown on the first display apparatus.

Fig. 5 is a drawing showing a second embodiment in which one or more sound-source elements for measuring distance are added to the baffle shown in Fig. 1.

Fig. 6 is a drawing showing a third embodiment in which one or more light-receiving elements are added to the baffle shown in Fig. 5.

Fig. 7 is a drawing for explaining the operation of the one or more light-receiving elements shown in Fig. 6.

Fig. 8 is a drawing showing an example of the image displayed in color on the display apparatus shown in Fig. 6.

Fig. 9A, 9B and 9C are drawings showing an example of the image displayed in color on the display apparatus shown in Fig. 6.

Fig. 10 is a drawing showing a fourth embodiment in which one or more light sources are added to the baffle shown in Fig. 6.

Fig. 11 is a drawing for explaining a fifth embodiment in which the distances to sound sources or sound sources generated at one or more sites on the boundary surface are automatically measured by the light-receiving elements of the baffle shown in Fig. 6.

Fig. 12 is a drawing showing a sixth embodiment in which two baffles as shown in Fig. 6 are used.

Fig. 13 is a drawing showing a seventh embodiment in which one or more satellite microphones are located on the baffle shown in Fig. 1.

(Pg. 7)

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

The preferred embodiments of the invention will be explained below.

(First Embodiment)

Fig. 1 is a drawing for explaining the basic construction of a first embodiment of the sound-source-search system of this invention; Fig. 2 and Fig. 3 are drawings for explaining the sound-source-search method by the sound-source-search system shown in Fig. 1; and Fig. 4 is a drawing showing an example of the sound intensity distribution that is displayed on the display apparatus shown in Fig. 1.

The sound-source-search system shown in Fig. 1 comprises a baffle 10, microphones 11, amp 20, A/D converter 30, arithmetic-processing apparatus 40, memory apparatus 50, display apparatus 60, and input apparatus 70. It is possible for the arithmetic-processing apparatus 40, memory apparatus 50, display apparatus 60 and input apparatus 70 to be constructed using an electronic device such as a notebook computer or desktop computer.

The baffle 10 is spherical. Also, the baffle 10 is installed at the top of a long member (not shown in the figure) such as a pole such that it is kept at a specified height from the ground plane.

A plurality of microphones 11 is arranged on the surface of the baffle 10. It is possible to use dynamic microphones or condenser microphones as the microphones 11.

By placing the plurality of microphones 11 on the spherical baffle 10 in this way, it becomes possible to pick up sound uniformly in all directions. The built-in main unit (not shown in the figure) such as the pre-amp (not shown in the figure) for the microphones 11, and the microphone cables 11a that are connected to the main unit are installed inside the baffle 10.

The radius of the baffle 10 shown in Fig. 1 is about 130 mm. Also, in this embodiment, the number of microphones 11 placed on the baffle 10

is 17. However, the number of microphones 11 can be the minimum number necessary to correspond to the dimensions for searching for a sound source, and it is possible to use 2 microphones when searching for a sound source in one dimension, 3 microphones when searching for a sound source in two dimensions, and 4 microphones when searching for a sound source in 3 dimensions. In this embodiment, in order to improve precision and stability of the results of the sound-source search, 17 microphones are used.

(Pg. 8)

By installing the built-in main unit (not shown in the figure) such as the pre-amp (not shown in the figure) for the microphones 11, and the microphone cables 11a that are connected to the main unit on the inside of the spherical baffle 10 in this way, it is possible to suppress disturbances in the sound field around the baffle 10, and thus it becomes possible to accurately pick up sound from the sound source.

Also, coordinates that indicate the position of each microphone 11 on the baffle 10 in three dimensions (x, y, z) are set, and they are used when the arithmetic-processing apparatus 40 performs arithmetic operations in the sound-source search. By doing so, it becomes possible to identify from which microphone 11 a picked up sound is coming from.

The amp 20 is an amplifier that amplifies the analog signals that are electrical signals of the sounds obtained in all directions by each of the microphones 11. The microphone cables 11a from each of the microphones 11 are connected to the amp 20. Here, there is an insert port corresponding to the coordinates of each of the microphones 11 described above, so when connecting the microphone cables 11a of the microphones 11, the microphone cables 11a are inserted into and connected to the respective insert ports. The A/D converter 30 converts the analog signal that was amplified by the

amp 20 to a digital signal.

The arithmetic-processing apparatus 40 performs operations on the digital signal converted by the A/D converter 30, and searches for the sound source by processing sound information picked up by each of the microphones 11 inclusively and as a whole. Here, the sound-source search is analyzing the direction from which the sound arrives from the sound source, and estimating the intensity of the sound from the sound source. The sound-source search will be explained in detail later.

(Pg. 9)

The memory apparatus 50 stores the results of the arithmetic processing by the arithmetic-processing apparatus 40. As the memory apparatus 50, it is possible to use a magnetic-tape memory apparatus that uses magnetic tape as the recording medium, or an optical-disk memory apparatus that uses an optical disk as the recording medium. The display apparatus 60 displays the sound intensity distribution of the sound from the sound source based on the arithmetic processing results from the arithmetic-processing apparatus 40. The input apparatus 70 is used for entering the distance to the sound source or to sound sources generated at a plurality of sites on boundary surfaces such as walls in a room. It is possible to use a keyboard, touch panel or the like as the input apparatus. However, in the case where the purpose is to analyze the direction from which the sound comes, and calculate the acoustical contribution on the location of the baffle, and is not to estimate the intensity of the sound, it is possible to eliminate the input apparatus 70.

Next, the method for performing the sound-source search will be explained.

The search for a sound source can be performed in either a large space

or a small space. In a large space, it is preferable that there be no obstacles between the baffle 10 and the sound source being searched for; for example, in a location where a large number of people may congregate, the baffle 10 should be set at a high location where it overlooks the entire space; or in a location such as an airport, the baffle 10 should be set in a location where no buildings or structures will become obstacles. On the other hand, in a small space such as indoors or inside a vehicle, the baffle 10 should be placed in a location where it can overlook the entire space.

Also, as shown in Fig. 2, in the case of analyzing the direction from which the sound arrives from the sound source, analysis information for the sound field, which includes direct or diffracted sound around the baffle 10, is entered into the arithmetic-processing apparatus 40. In this state, each of the microphones 11 picks up the sound from the sound source. Here, when picking up the sound from the sound source, sound is basically picked up by each of the microphones 11 at the same time. Also, with a specified microphone as a reference, it is possible to pick up the sound in the order of the coordinates mentioned above, or to pick up the sound with a plurality of microphones together, or to pick up the sound randomly at the same time as the reference microphone. However, the condition when not recording the sounds from all of the microphones at the same time is that the sound from the sound source must not change over time.

(Pg. 10)

At this time, the sound from all directions obtained by way of each of the microphones 11 enters the amp 20 as analog signals, and those signals are amplified by the amp 20 and output. The analog signals that are amplified by the amp 20 are converted to digital signals by the A/D converter 30 and then taken in by the arithmetic-processing apparatus 40.

In the arithmetic-processing apparatus 40, analysis of the sound picked up by each of the microphones 11 is performed by arithmetic processing. In this case, the amplitude characteristics and phase characteristics of each of the acoustic signals picked up by each of the microphones 11 are found by arithmetic processing. Also, after these amplitude characteristics and phase characteristics have been found, analysis information for the sound field around the baffle 10 described above is added, and arithmetic processing, which emphasizes the sound coming from a specified direction, is performed in all directions, making it possible to identify through arithmetic processing the direction from which the sound from the sound source comes.

Next, when estimating the intensity of the sound from the sound source, the distance d to the sound source shown in Fig. 2 is entered into the arithmetic-processing apparatus 40 from the input apparatus 70. At this time, the direction from which the sound from the sound source comes and the sound pressure are identified by the arithmetic-processing apparatus 40 as described above, so it is possible to estimate the intensity of the sound from the sound source through arithmetic processing from these arithmetic processing results and the distance d to the sound source. When estimating the intensity of the sound from the sound source, by adding the distance d to the sound source to the conventional frequency domain beam forming method, it is possible to more accurately estimate the intensity of the sound from the sound source.

In this example, the case was explained in which, after analysis of the direction from which the sound from the sound source comes is finished, the distance d to the sound source used for estimating the intensity of the sound from the sound source is input to the arithmetic-processing apparatus 40 from the input apparatus 70, however, of course it is also possible to enter the distance d to the sound source into the arithmetic-processing apparatus 40 from the input apparatus 70 before starting the sound-source search.

(Pg. 11)

Also, in this example, as shown in Fig. 2, the case of analyzing the direction from which the sound from one sound source comes, and estimation of the intensity of the sound from one sound source was explained, however, as shown in Fig. 3, in the case of analyzing the directions from which sound comes from a plurality of sound sources generated at sites on boundary surfaces such as walls in a room, and estimating the intensity of the sound sources at each of these sites, it is possible to enter distances d_1 to d_4 to the sound sources a to d at these sites.

After analyzing the direction from which the sound from the sound source comes and estimating the intensity of the sound from the sound source by arithmetic processing by the arithmetic-processing apparatus 40 as described above, the results of the arithmetic process are displayed in color by the display apparatus 60 as the sound-intensity distribution. Fig. 4 shows an example of the sound-intensity distribution that is displayed by the display apparatus 60. In Fig. 4, the size of the sound intensity is indicated, for example, by $a > f > c > d > e > b$.

In this first embodiment, a plurality of microphones 11 are arranged on the surface of a spherical baffle 10 and sound is picked up from all directions in this way, and after the amplitude characteristics and phase characteristics of each of the acoustic signals picked up by the plurality of microphones 11 are found through arithmetic processing by the arithmetic-processing apparatus 40, that signal information is combined with the analysis information for the sound field around the baffle, and arithmetic processing to emphasize the sound coming from a specific direction is performed for all directions, and together with identifying the direction from which sound from the sound source comes through arithmetic processing, the intensity of the sound from the sound source

or from sound sources generated at a plurality of sites on boundaries is estimated from the arithmetic processing results and the distance entered from the input apparatus 70, so regardless of whether or not the space is small, it is possible to identify the direction from which the sound from the sound source comes, and estimate the intensity of the sound from the sound source at the same time in all directions.

(Pg. 12)

Also, in this first embodiment, set up work is very easy since it requires just setting a baffle 10 having a plurality of microphones 11 installed in place, and then connecting the microphone cables 11a from the microphones 11 to the amp 20.

In this first embodiment, the case where the baffle 10 was spherical was explained, however, the invention is not limited to this example, and it is possible for the baffle 10 to be semi-spherical or polyhedral. Any one of the cases is possible as long as analysis information for the diffracted sound around the baffle 10 can be obtained in some form. In this way, even when the baffle 10 is semi-spherical or polyhedral, the microphones 11 are built-in the baffle, so it is possible to suppress distortion in the sound field around the baffle 10, and thus it is possible to perform the sound-source search accurately.

Also, the material used for the baffle 10 can be any material, such as stainless steel, aluminum alloy, copper alloy or the like, that retains sufficient strength after a plurality of microphones 11 has been built in. It is possible to perform polishing or roughing of the surface of the baffle 10, and it is also possible to attach sound absorption material. In any case, as long as it is possible to obtain analysis information for diffracted sound around the baffle 10 due to the shape or material of the baffle 10, it is possible to accurately analyze the direction from which

the sound from the sound source comes, and estimate the intensity of the sound source even though the shape and material of the baffle 10 may differ.

(Second Embodiment)

Fig. 5 is a drawing showing a second embodiment in which one or more sound source elements for measuring distance are added to the baffle 10 shown in Fig. 1. In the drawing explained below, the same reference numbers are used for parts that are in common with those of Fig. 1 to Fig. 3, and any redundant explanation will be omitted.

In this second embodiment shown in Fig. 5, there are one or more sound-source elements 12 for measuring distance placed on the surface of the baffle 10 and they generate sound waves. It is possible to use directive or non-directive acoustical speakers or ultrasonic speakers as the sound-source elements 12 for measuring distance.

(Pg. 13)

With this kind of construction, sound waves are generated from the sound-source elements 12 for measuring distance, and the reflected waves of those waves are picked up by each of the microphones 11, and then after the amplitude characteristics and phase characteristics of each of the reflected waves picked up by each of the microphones 11 have been found through arithmetic processing by the arithmetic-processing apparatus 40, that signal information is combined with the analysis information for the sound field around the baffle 10, and by adding the time from when the sound waves are generated until the reflected waves are picked up together with performing arithmetic processing to emphasize the sound coming from a specified direction in all directions, and identifying the direction from which sound from the boundary surfaces comes from through arithmetic processing, it is possible to automatically measure the distance to the sound source or to sound sources generated at a plurality of sites on the

boundary surfaces.

By automatically measuring the distance to the sound source or one or more sound sources generated at a plurality sites on boundary surfaces in this way, not only is it possible to more accurately analyze the direction from which the sound from the sound source comes and estimate the intensity of the sound from the sound source, but it is also possible to gain a better understanding beforehand of buildings, obstacles, mountains near the observed area, or the shape and location inside a vehicle or room.

Moreover, by analyzing the reflected sound characteristics such as the direction from which a test sound generated by a sound-source element 12 for measuring distance and its reflected sound comes for every direction, intensity, and phase, it becomes possible to also investigate the acoustics such as the reverberation time at that place and the echo time pattern.

It is also possible to use a test wave having a specific frequency as the sound wave from the sound-source element 12 for measuring distance, and it is also possible to use random noise, pseudo random noise, an M-sequence signal, a frequency-sweep signal, or the like to perform arithmetic processing and automatically measure the distance to sound sources at one or more sites. After measuring the distance to the sound source or sound sources generated at a plurality of sites on the boundary surfaces in this way, it is possible to more accurately analyze the direction from which sound from the sound source comes, and estimate the intensity of the sound from the sound source.

(Third Embodiment)

Fig. 6 is a drawing showing a third embodiment in which one or more light-receiving elements are added to the baffle 10 shown in Fig. 5.

In this third embodiment shown in Fig. 6, one or more light-receiving

elements 13 are arranged on the surface of the baffle 10. It is possible to use a camera such as a CCD camera comprising a CCD (Charge Coupled Device) and lens, a laser-receiving element, infrared-ray-receiving element or the like as the light-receiving element 13.

In the case of a camera as the light-receiving element 13, it is preferred that each light-receiving element 13 be placed such that its imaging range overlaps that of the adjacent light-receiving elements. In other words, as shown in Fig. 7, by having the light-receiving element 13 take an image of the image range X and Y, and the other adjacent light-receiving element 13 take an image of the image range Y and Z, the image ranges Y overlap.

With this kind of construction, since a plurality of light-receiving elements 13 are arranged on the surface of the baffle 10 such that the image ranges overlap, it is possible to automatically take in an image of around the sound source or sound sources generated at a plurality of sites on the boundary surfaces that correspond to the direction from which a specific sound comes, and to display that obtained image in color by the display apparatus 60. Fig. 8 shows an example of the image displayed by the display apparatus 60.

Moreover, it is possible to combine and display the image of the sound-intensity distribution shown in Fig. 4 with the image shown in Fig. 8. In that case, by selecting the area indicated by the dotted line in the image shown in Fig. 9A corresponds to the image shown in Fig. 4, the image corresponding to that selected area is obtained as shown in Fig. 9B, and the sound-intensity distribution of the area selected in Fig. 9A is combined with the image shown in Fig. 9B as shown in Fig. 9C and displayed.

By automatically taking images with the light-receiving elements 13 in this way, in addition to the effects described above, it is possible

to display the direction from which the sound comes and/or the sound-intensity distribution, and thus it becomes easy to visually grasp those distributions.

(Pg. 15)

When a laser-receiving element, infrared-ray-receiving element or the like is used as the light-receiving element 13, they are effectively used in a fourth embodiment described below.

(Fourth Embodiment)

Fig. 10 is a drawing showing a fourth embodiment in which a plurality of light sources is added to the baffle 10 shown in Fig. 6.

In this fourth embodiment shown in Fig. 10, a plurality of light sources 14 is arranged on the surface of the baffle 10. It is possible to use CCD-camera lighting, a laser pointer, a laser range finder, strobe or the like as the light source 14.

When a light source having sharp directivity such as a laser pointer is used in this kind of construction, it is possible to accurately set the installation location of the baffle even when installing the baffle in difficult locations.

When a range finder such as a laser range finder is used in this kind of construction, light is emitted from the light source 14, and the reflected light of that light is received by the light-receiving unit 13, making it possible to automatically measure the distance to the boundary surface, which can be the baffle or sound source.

Also, by using the light generated by the light source 14, it is possible to light up the area of the sound source or sound sources generated

at a plurality of sites on the boundary surfaces, so even in an area with dim lighting, it is possible to take good images with the light-receiving elements 13.

When a strobe light source is used as the light from the light source 14, by shining a light onto a rotating body and keeping the flashing period of the light from the light source 14 constant, then by measuring the period when the rotating flashing period and rotation cycle match and the rotating body appears to be still, it is possible to remotely measure the speed of the rotating body. Also, similarly, when the flashing period of the light is constant and it is shown onto a vibrating surface, using the theory of the stroboscope, it becomes possible for the light-receiving elements 13 to observe the vibration state of a boundary surface, which is the sound source.

(Pg. 16)

(Fifth Embodiment)

Fig. 11 is a drawing explaining a fifth embodiment in which the light-receiving elements 13 shown in Fig. 6 automatically measure the distance to the sound source or sound sources generated at a plurality of sites on the boundary surfaces.

In this fifth embodiment shown in Fig. 11, similar to as was explained above, after images have been automatically taken by the light-receiving elements 13, the images where the imaging range of adjacent light-receiving elements 13 overlap are processed, and the distance to the sound source or sound sources generated at a plurality of sites on the boundary surfaces is automatically measured. By having the light-receiving elements 13 automatically take images in this way and then having the arithmetic-processing apparatus 40 process the image of the overlapping area, and automatically measure the distance to the sound source, then similar to

as was described above, it becomes possible to accurately estimate the intensity of the sound from the sound source or sound sources generated at a plurality of sites on the boundary surfaces.

(Sixth Embodiment)

Fig. 12 is a drawing showing a sixth embodiment in which, as an example of having a plurality of the baffles 10 shown in Fig. 6, two baffles 10 are used.

In this sixth embodiment shown in Fig. 12, by having two baffles 10, through arithmetic processing by the arithmetic-processing apparatus 40, it is possible to obtain the distance from one baffle 10 to the sound source and/or the direction from which the sound comes, the distance from the other baffle 10 to the sound source and/or direction from which the sound comes, and the positional relationship between the pair of baffles 10. Also, based on that information, the distance to the sound source is even more accurately measured according to the theory of triangulation, and of course, it is possible to more accurately measure the intensity of the sound from the sound source; and compared with the case of using only one baffle, when the number of microphones used is increased, the range of received sound is expanded, and it becomes possible to greatly improve the precision of the sound-source search.

(Pg. 17)

(Seventh Embodiment)

Fig. 13 is a drawing showing a seventh embodiment in which a plurality of satellite microphones is located on the baffle 10 shown in Fig. 1.

In this seventh embodiment shown in Fig. 13, a plurality of satellite microphones 11A is arranged on the baffle 10.

By arranging a plurality of satellite microphones 11A on the baffle 10 in this way, in addition to the built-in microphones on the baffle 10, the arithmetic-processing apparatus 40 is able to use acoustic information from the satellite microphones in the sound-source search. As in the case of the microphones arranged on the baffle 10, it is preferred that the acoustic information from the satellite microphones 11A be used in a form in which analysis information about the diffracted sound around the baffle 10 has been added. The satellite microphones 11A are located further outside than the baffle 10, and have the effect of virtually increasing the size of the baffle 10 without having to change the size of the baffle 10. Since the number of microphones that can be used in the sound-source search is increased, it becomes possible to greatly increase the precision of the sound-source search.

In this seventh embodiment, the case of placing a plurality of satellite microphones 11A around the baffle 10 shown in Fig. 1 was explained, however, the invention is not limited to this example, and of course it is also possible to place a plurality of satellite microphones 11A around the baffle 10 shown in Fig. 5, Fig. 6, Fig. 10 or Fig. 12. Naturally, it is also possible to replace the microphones on the baffle completely with satellite microphones.

(Pg. 18)

Industrial Applicability

With the sound-source search system of this invention as described above, one or more microphones are arranged on and/or near the surface of a spherical, semi-spherical or polyhedral baffle to pick up sound from all directions, and after an arithmetic-processing apparatus identifies the direction from which sound comes through arithmetic processing that focuses on the amplitude characteristics and phase characteristics of the acoustic signals picked up by the plurality of microphones, the intensity of the

sound from the sound source or sound sources generated at a plurality of sites on boundary surfaces is estimated from the arithmetic processing results and distances entered from an input apparatus or measured by sound-source, light-source or image processing, so regardless of whether or not the space is small, it is possible to identify the direction from which sound from the sound source comes, and to estimate the intensity of the sound source in all directions at the same time.

WHAT IS CLAIMED IS:

1. A sound-source search system comprising:
 - a spherical, semi-spherical or polyhedral baffle;
 - a plurality of microphones that are arranged on the surface of said baffle for picking up sound in all directions;
 - an amp that amplifies analog signals, which are electrical signals for the sounds in all directions that were picked up by said plurality of microphones;
 - an A/D converter that converts the analog signals that were amplified by said amp to digital signals;
 - an arithmetic-processing apparatus that performs arithmetic processing on the digital signals that were converted by said A/D converter, and analyzes the direction from which the sound from the sound source comes, and/or estimates the intensity of the sound from the sound source;
 - a memory apparatus for storing the results of the arithmetic processing by said arithmetic-processing apparatus;
 - a display apparatus that displays the intensity distribution of the sound from the sound source based on the results of the arithmetic processing by said arithmetic-processing apparatus; and
 - an input apparatus for entering the distance to the sound source, or sound sources generated at a plurality of sites on boundary surfaces; and wherein
- said arithmetic-processing apparatus, by arithmetic processing, finds the amplitude characteristics and phase characteristics of each of

the acoustic signals picked up by said plurality of microphones, after which it combines that signal information with analysis information for the sound field around said baffle, and together with performing arithmetic processing to emphasize the sound coming from a specific direction for all directions, and identifying the direction from which the sound comes, it estimates the intensity of the sound from the sound source or sound source(s) generated at one or more of sites on boundary surfaces based on the arithmetic-processing results and distance(s) input from said input apparatus.

2. The sound-source-search system of claim 1 further comprising one or more directive or non-directive sound-source elements that generate sound waves and that are arranged on the surface of said baffle; wherein said arithmetic-processing apparatus, by arithmetic processing, finds the amplitude characteristics and phase characteristics of each of the reflected sounds that are picked up by said plurality of microphones, after which it combines that signal information with analysis information for the sound field around said baffle, and together with performing arithmetic processing to emphasize the sound coming from a specific direction for all directions, and identifying the direction from which the reflected sound comes, automatically measures the distance from the baffle to the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces by using the time difference from when the test sound was generated to when the reflected sound was picked up; and uses that value as information for estimating the intensity of the sound from the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces, and/or estimating the intensity of the sound reflected from that area.

3. The sound-source-search system of claim 1 or claim 2 further comprising one or more light-receiving elements that are arranged on the surface of said baffle such that the imaging ranges overlap; and wherein

said arithmetic-processing apparatus takes in the image from said one or more light-receiving elements that corresponds to the direction from which said specific sound comes, and combines and displays the image of the arrival direction and/or intensity of the sound distribution found through said arithmetic processing with that image or the result of image processing based on that image.

4. The sound-source-search system of claim 3 further comprising one or more light sources that are arranged on the surface of said baffle; and wherein

said arithmetic-processing apparatus automatically measures the distance from said baffle to sound sources generated at a plurality of sites on boundary surfaces by using the time from when light was generated until the reflected light was taken in; and uses that value as information for estimating the intensity of the sound from the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces.

5. The sound-source search system of claim 3 or claim 4 wherein said arithmetic-processing apparatus performs image processing on the area of the imaging range of said light-receiving elements that overlap, and automatically measures the distance to the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces.

6. The sound-source-search system of any one of the claims 1 to 5 comprising a plurality of said baffles; and wherein

said arithmetic-processing apparatus finds: the distance from one of the baffles to the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces and/or the direction from which the sound comes; the distance from other said baffle to the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces and/or the direction from which the sound comes; and the positional relationship between said baffles; after which, based on this information, uses the theory of

triangulation to find the distance to the sound source or sound source(s) generated at one or more sites on boundary surfaces.

7. The sound-source-search system of any one of the claim 1 to 6 further comprising one or more satellite microphones that are arranged at locations separated from the surface of said baffle; and wherein

said arithmetic-processing apparatus uses the sound picked up by said plurality of satellite microphones to find the direction from which the sound comes and/or intensity of the sound from the sound source.

8. The sound-source-search apparatus of any one of the claims 1 to 7 wherein said baffle is installed at the top of a long member such that it is held at a specified height above the ground.

Abstract

It is possible to simultaneously identify the sound coming direction from a sound source in all directions and estimate the sound intensity of the sound source. A plurality of microphones (11) are arranged on the surface of a baffle (10) of a shape such as a sphere and polyhedron so that sound from all directions are acquired. A calculation device (40) calculates the amplitude characteristic and the phase characteristic of acoustic signals acquired by the microphones (11). The signal information and information on sound field analysis around the baffle are integrated and calculation to emphasize a sound coming from a particular direction is performed for all the directions so as to identify the sound coming direction from a sound source. According to these calculation results and the distance input by an input device (70), it is possible to estimate the sound intensity of the sound source at a plurality of portions generated at the sound source or boundary surface.

Fig.1.

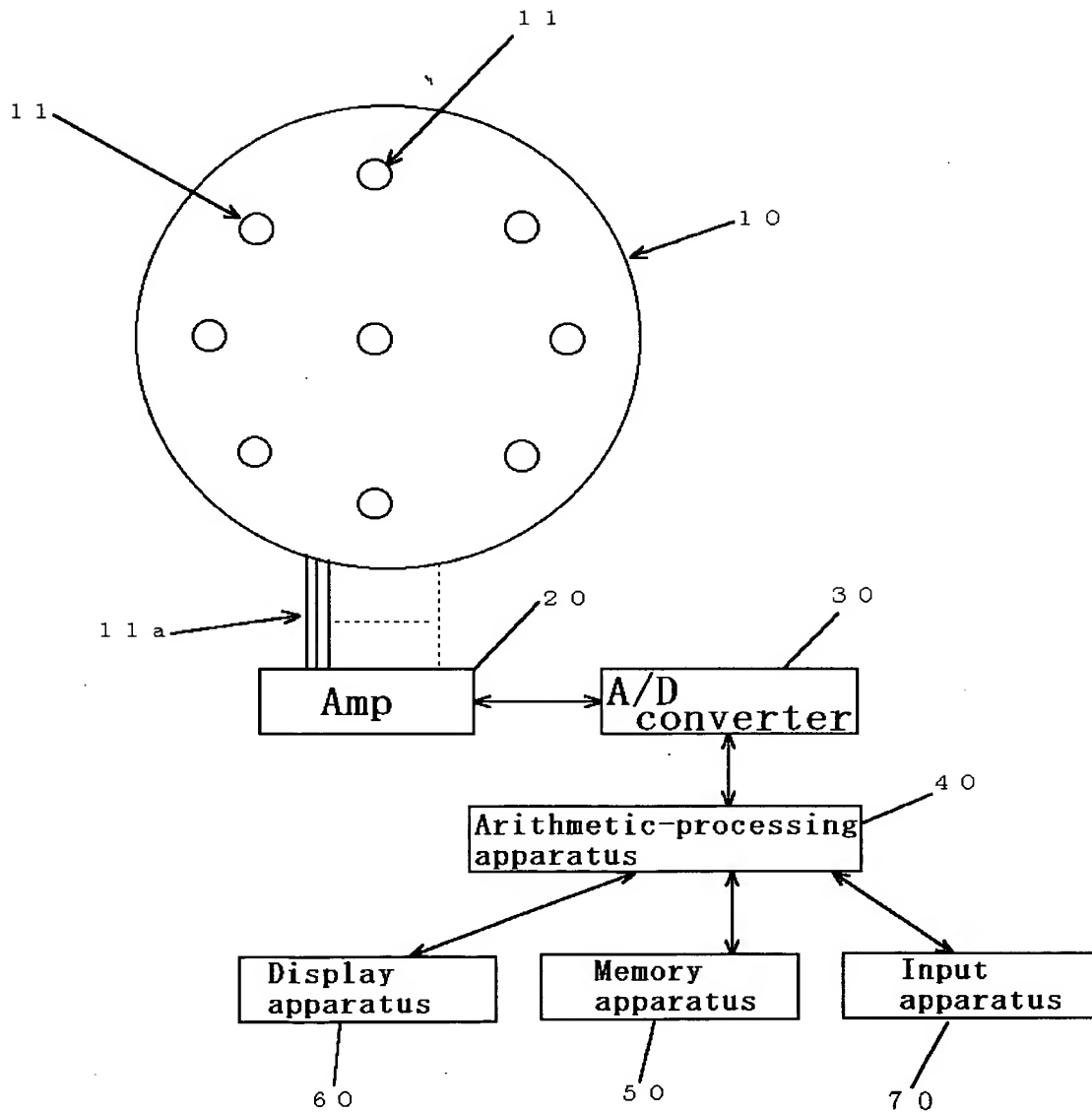


Fig.2

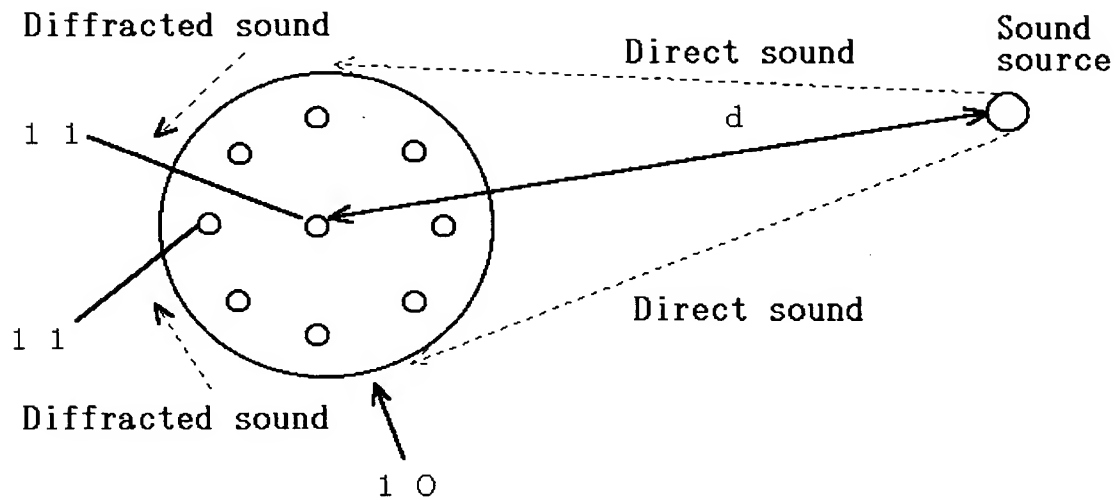


Fig.3

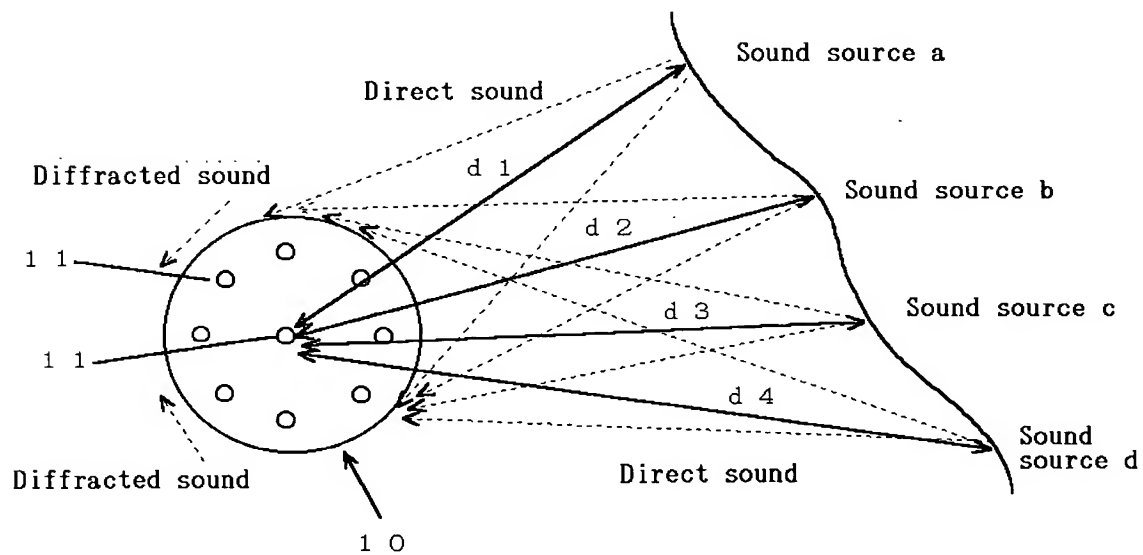


Fig. 4

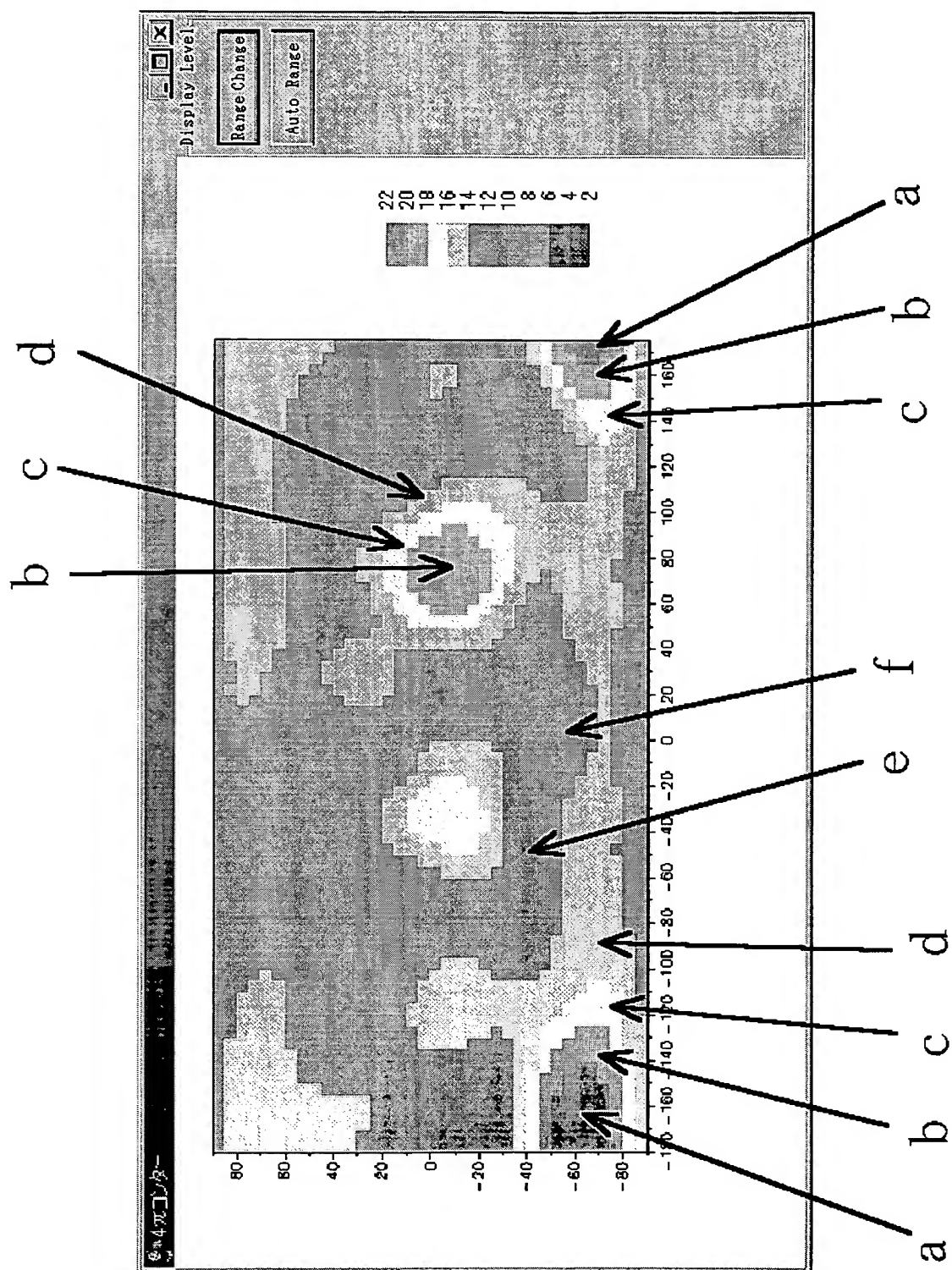


Fig.5

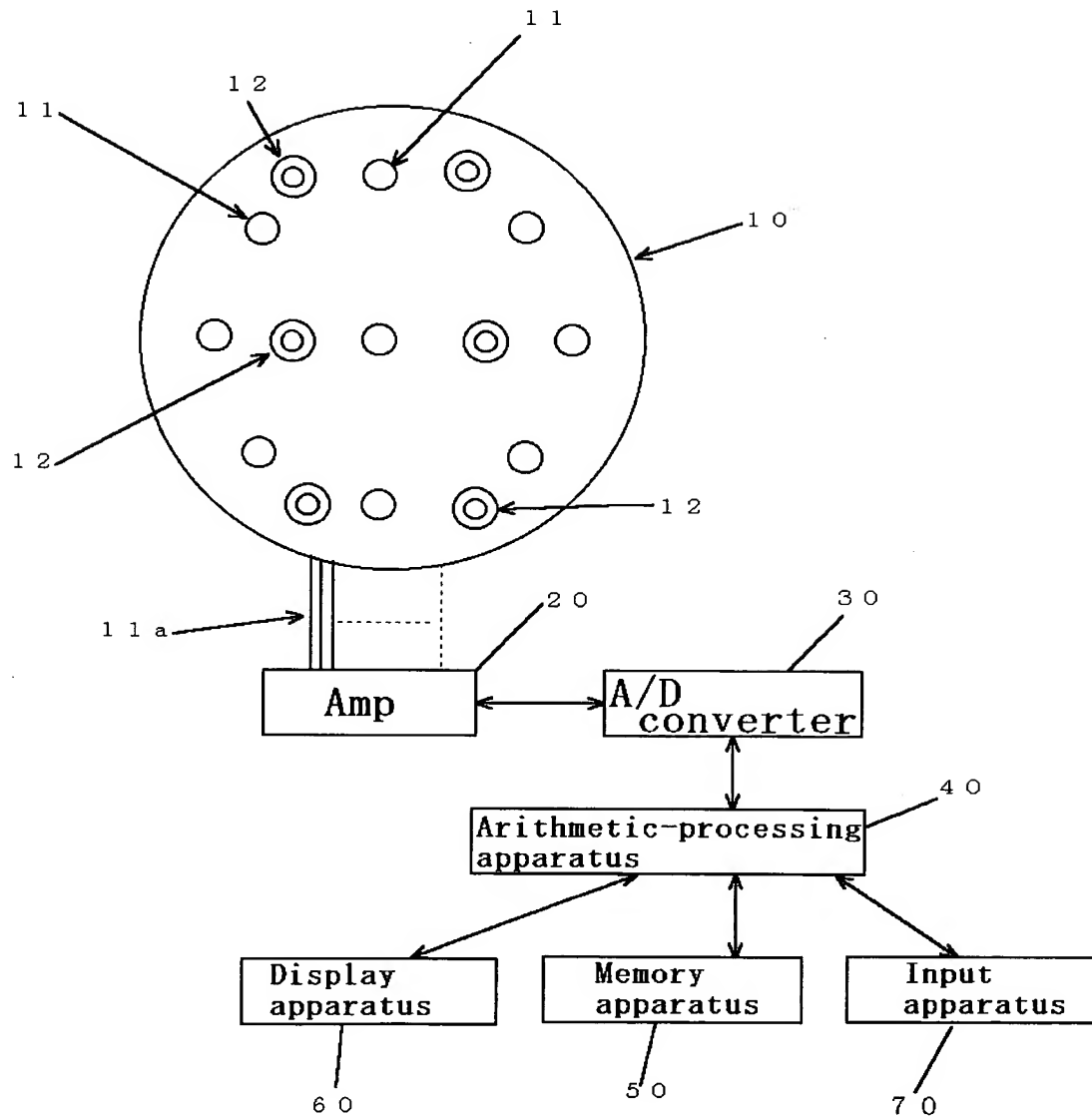


Fig.6

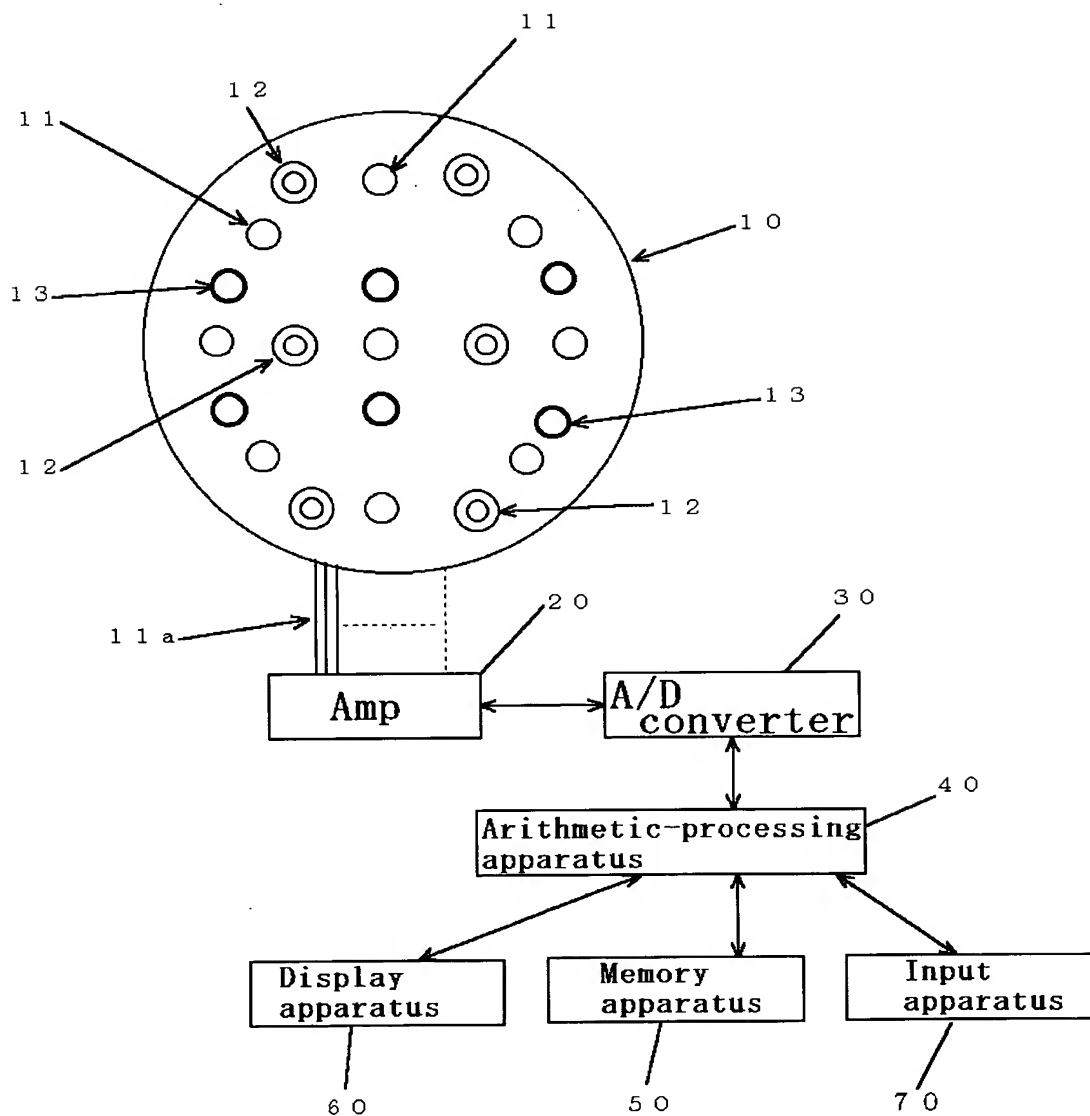


Fig.7

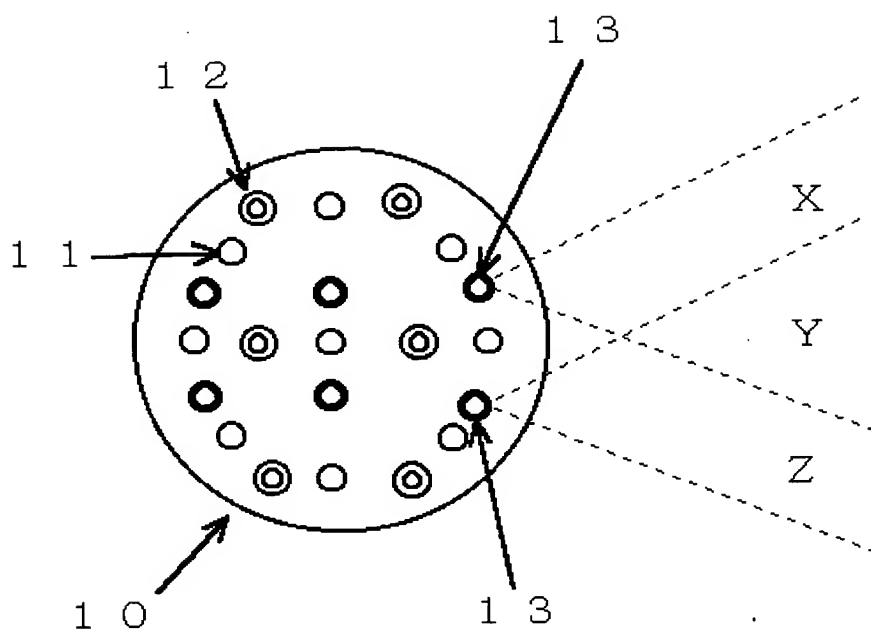


Fig.8

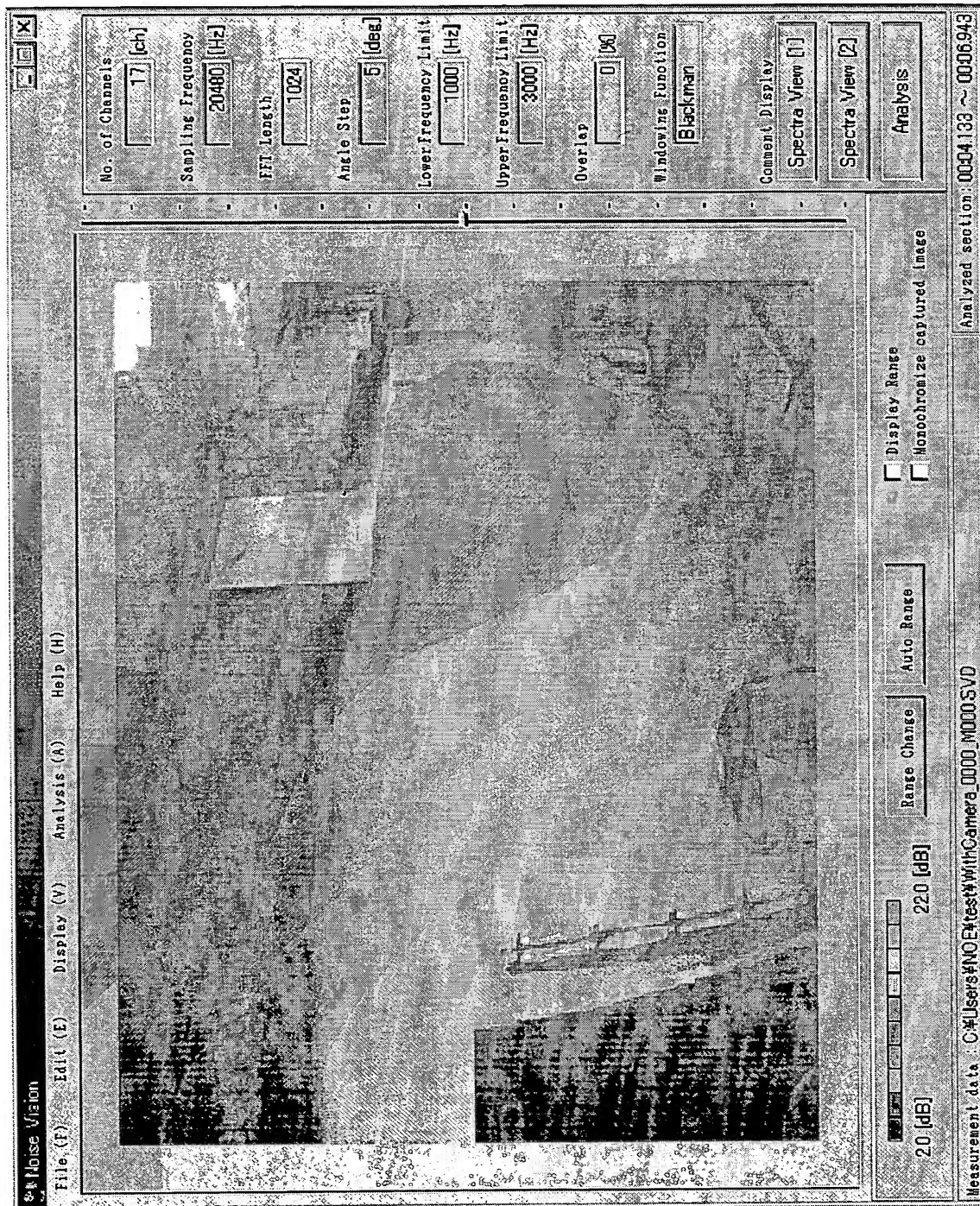
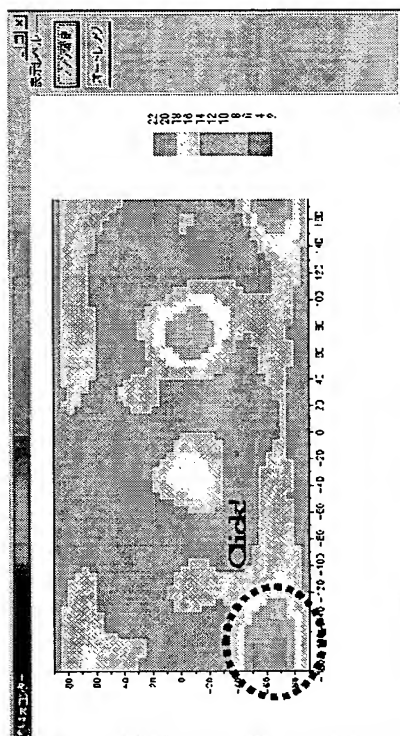
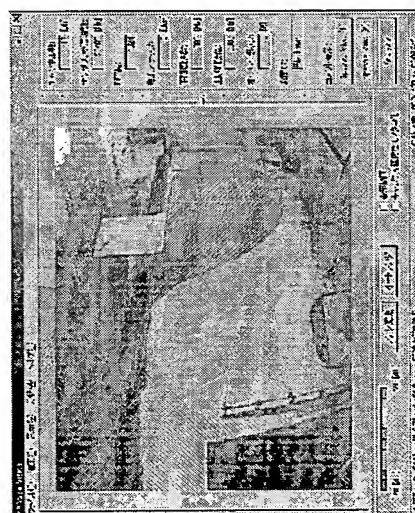


Fig.9

(a)



(b)



(c)



Fig.10

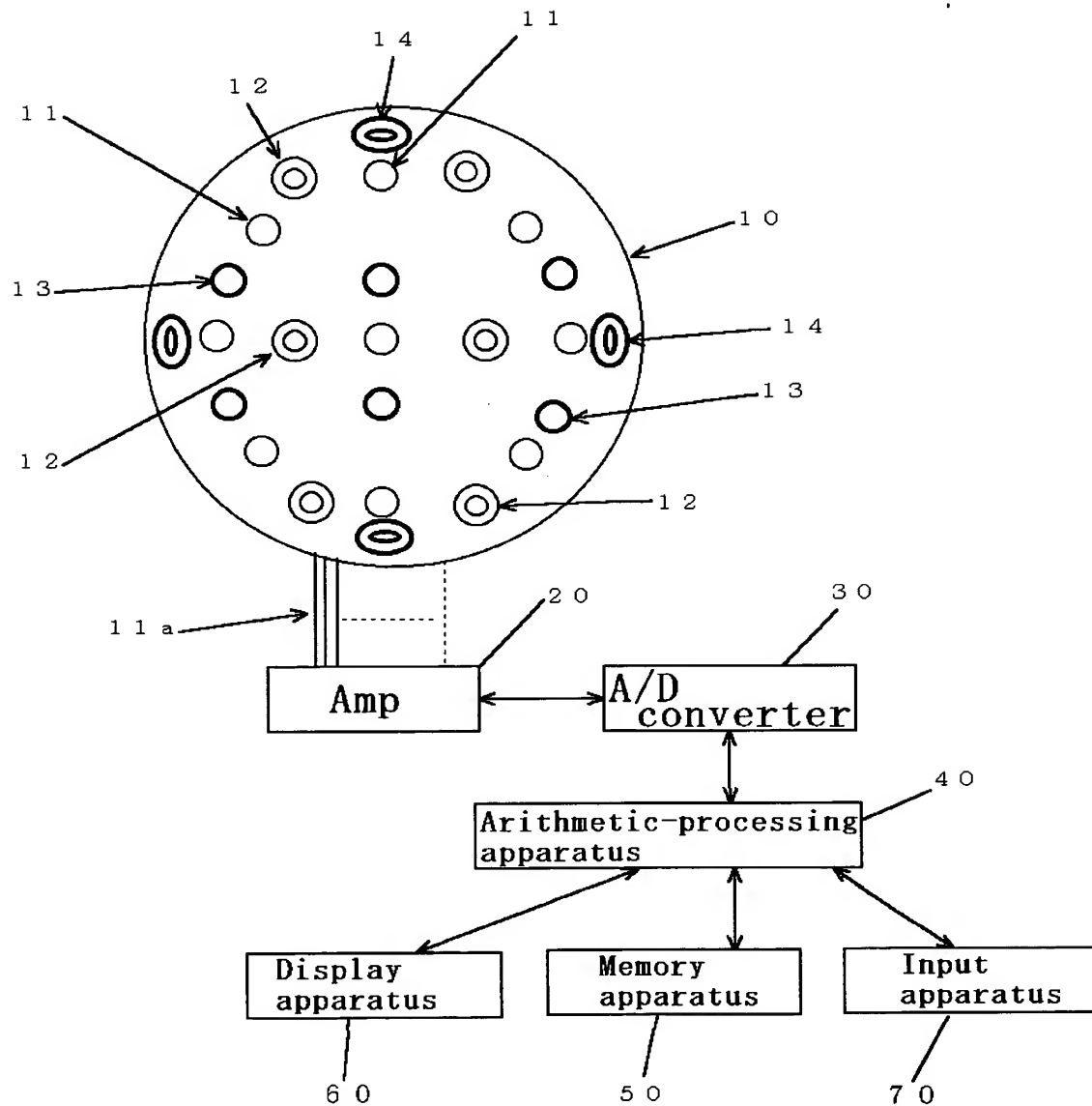


Fig.11

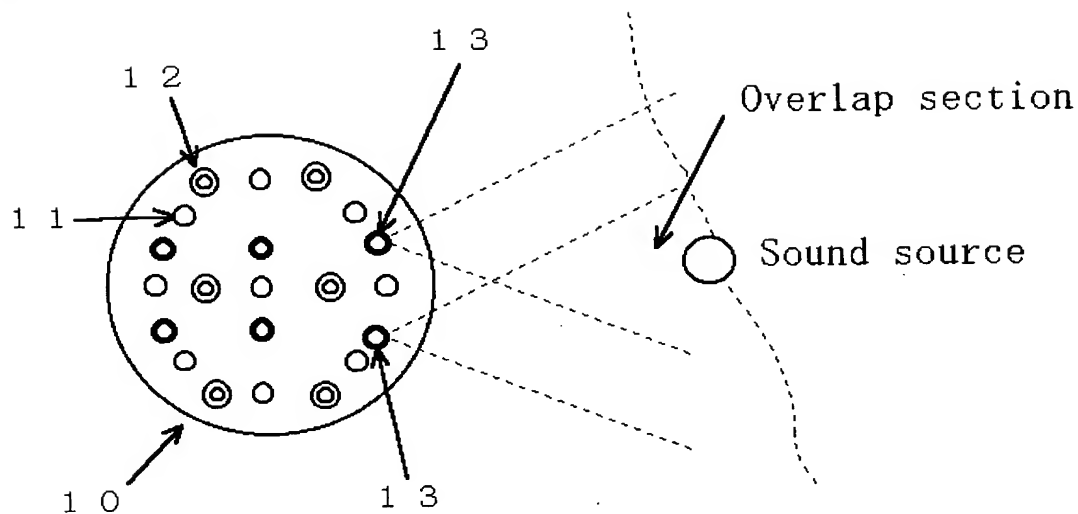


Fig.12

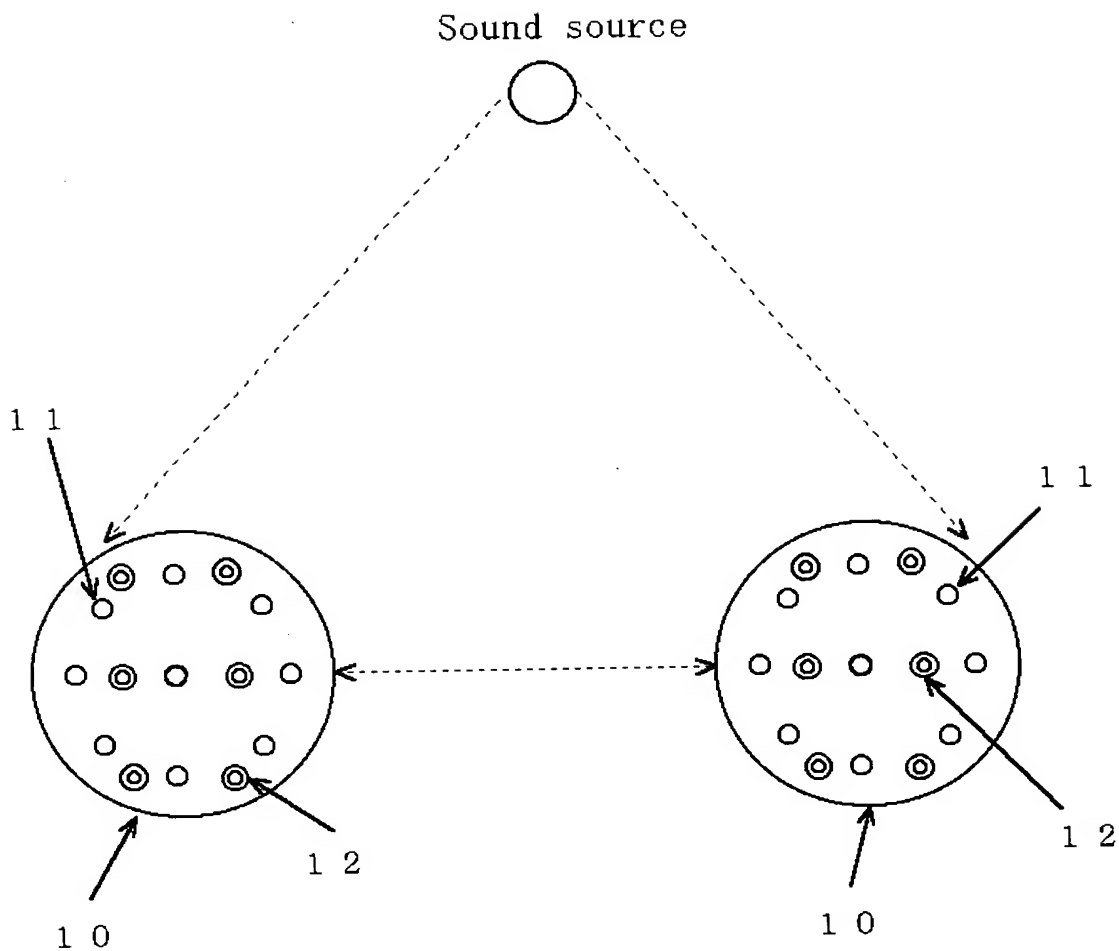
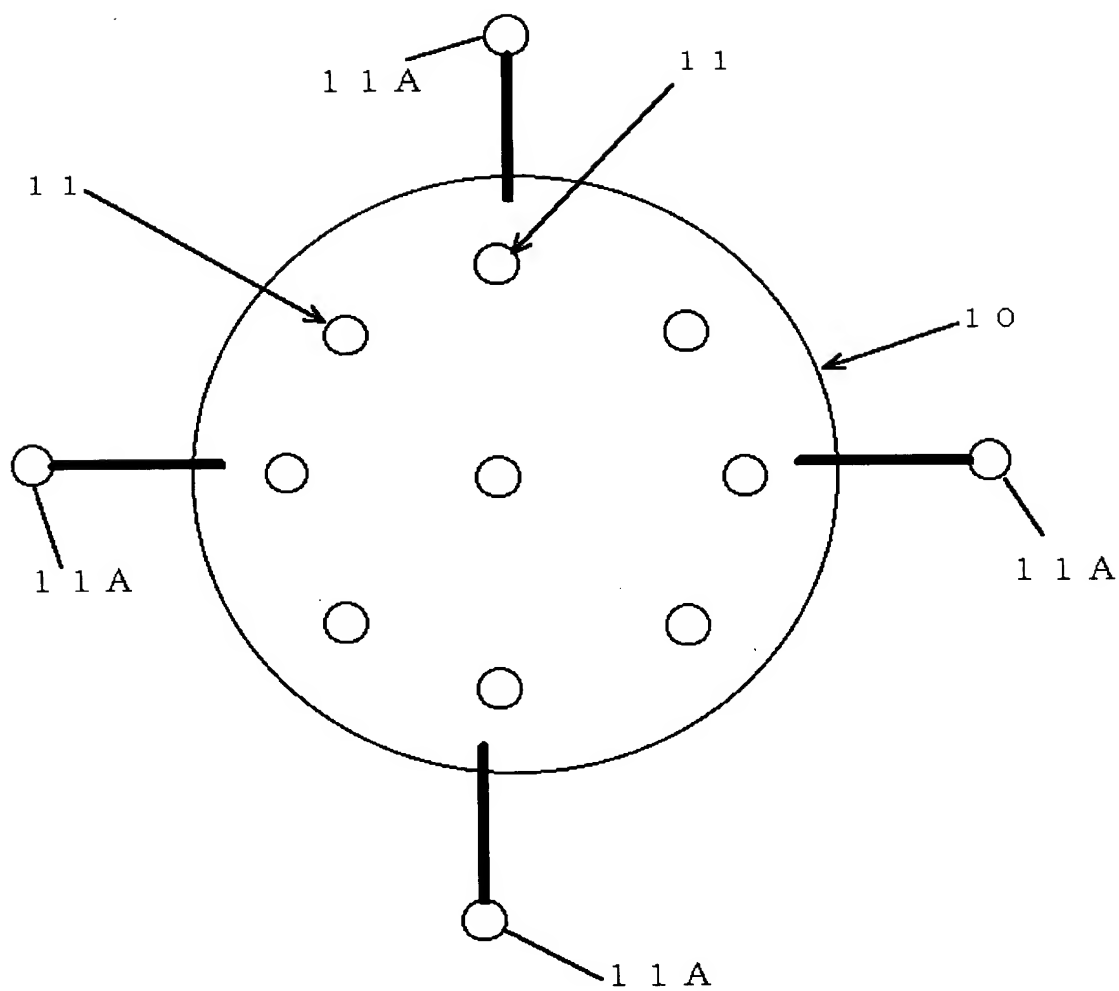


Fig.13



Explanation of Reference Numbers

10 Baffle

11 Microphone

11A Satellite microphone

11a Microphone cable

12 Sound-source element for measuring distance

13 Light-receiving element

14 Light source

20 Amp

30 A/D converter

40 Arithmetic-processing apparatus

50 Memory apparatus

60 Display apparatus

70 Input apparatus

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.